



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**MESTRADO EM TREINO DESPORTIVO**

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS NÃO LINEARES  
NA ANÁLISE DA POSTURA EM ATLETAS  
JOVENS DE DIFERENTES MODALIDADES**

**Elaborado por:**

JORGE RAFAEL DOS SANTOS MOREIRA

**Orientadores:**

Prof. Doutor Pablo Carús

Prof. Doutor Orlando Fernandes

*Évora, 2011*





**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**MESTRADO EM TREINO DESPORTIVO**

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS NÃO LINEARES  
NA ANÁLISE DA POSTURA EM ATLETAS  
JOVENS DE DIFERENTES MODALIDADES**

**Elaborado por:**

JORGE RAFAEL DOS SANTOS MOREIRA

**Orientadores:**

Prof. Doutor Pablo Carús

Prof. Doutor Orlando Fernandes

*Évora, 2011*



## Agradecimentos

---

Ao Professor Doutor Orlando Fernandes pelo apoio em todos os momentos de elaboração deste trabalho bem com pela riqueza dos conhecimentos transmitidos

Ao Professor Doutor Pablo Carús pela disponibilidade para resolver questões e obstáculos que se foram colocando ao longo deste percurso

Ao Marco Marques e à Susana Cunha pela ajuda na recolha dos dados, sem eles este trabalho não seria possível ser realizado.

À família pelo tempo dispendido na elaboração deste trabalho e incondicional apoio em todos os momentos.

## Resumo

---

### **Aplicação de técnicas não lineares na análise da postura em atletas jovens de diferentes modalidades**

**Objectivo:** O objectivo deste estudo foi comparar os parâmetros não lineares a partir das oscilações do centro de pressão de jovens praticantes com idades compreendidas entre os 10 anos e os 15 anos, de diferentes modalidades.

Pretende-se assim perceber as tendências reveladas no controlo postural utilizando métodos não lineares, através dos parâmetros: Expoente de Lyapunov (LyE), Entropia Aproximada (ApEn), e Auto-correlação (AuCo).

**Metodologia:** O número total de participantes neste estudo foi de quarenta e cinco atletas (masculinos) com a idade compreendida entre os dez e os quinze anos ( $M=13,21 \pm 2,12$ ), altura ( $162,3 \pm 10,3$  cm), peso ( $524,3 \pm 120$  N ). Nove atletas de cinco modalidades diferentes (Hoquei em Patins, Basquetebol, Rugby, Natação e Voleibol). A recolha das posições dos centros de pressão nos eixos AP e ML foi efectuada através da plataforma de forças. Realizaram duas repetições de 60 segundos cada na condição de olhos abertos (BOA) e dois na condição de olhos fechados (BOF), e dois testes na posição unipodal esquerdo (UPE) e unipodal direito (UPD).

**Conclusões:** Pode-se concluir que apesar de algumas diferenças encontradas nas comparações realizadas sobre as séries temporais obtidas a partir das oscilações na componente antero-posterior e médio lateral não há diferenças no comportamento assumido pelos participantes neste estudo relativamente à forma como processam o controlo postural

**Palavras-chave:** Treino de Jovens, Controlo Postural, Técnicas Não Lineares

## Abstract

---

### **The applications of Non Linear techniques to analyze Postural control in young Sports**

**Objective:** The aim of this study was to compare the parameters from the nonlinear oscillations of the center of pressure of young athletes aged 10 years and 15 years, from different sports. The main propose was to understand the behavior revealed in postural control using nonlinear methods, form the parameters: exponent Lyaponov (yLe), Approximate Entropy (EnAp), and Auto-correlation (AuCo).

**Methods:** The total number of participants in this study was forty-five athletes (male) with age between ten and fifteen years ( $M = 13.21 \pm 2.12$ ), height ( $162.3 \pm 10.3$  cm), weight ( $524.3 \pm 120$  N). Nine athletes from five different sports (Hockey, Basketball, Rugby, Swimming and Volleyball). The collection of the positions of pressure centers in AP and ML components was performed through the force plate. Each participant performed two repetitions of 60 seconds each in the eyes open condition (BOA) and two in the eyes closed condition (BOF), and two tests in the one leg stand - left-leg position (UPE) and right-leg (UPD).

**Conclusions:** It can be concluded that despite some differences in the comparisons performed on the time series obtained from the fluctuations in component anteroposterior and mediolateral no differences in the behavior assumed by the participants in this study on how the postural control process

**Keywords:** Postural Control, Nonlinear Tools, Young Sports

**Aplicação de técnicas não lineares na análise da postura em atletas  
jovens de diferentes modalidades**

## Índice Geral

---

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>V</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>VI</b>
<b>Índice Geral .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>X</b>
<b>Índice de Quadros .....</b>	<b>XI</b>
<b>Lista de Siglas e Abreviaturas .....</b>	<b>XII</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>13</b>
<b>1. Revisão da Literatura .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Postura .....</b>	<b>17</b>
1.1.1 Definição .....	17
1.1.2 Postura e Equilíbrio .....	19
1.1.3 Controlo Postural e programação do Movimento .....	21
1.1.4 Mecanismos de <i>Feed-Back</i> e <i>Feed-Forward</i> .....	23
1.1.5 Sistema Visual e sistema Vestibular .....	25
1.1.6 Importância da postura em crianças e jovens .....	26
1.1.7 Postura e equilíbrio no treino de jovens .....	30
<b>1.2 A Variabilidade nas dinâmicas de Coordenação Postural .....</b>	<b>34</b>
1.2.1 Variabilidade e saúde biológica .....	36
<b>1.3 Método de Análise da Postura .....</b>	<b>36</b>
1.3.1 Avaliação do Controlo Postural através da Posturografia .....	37
1.3.2 Análise não linear do CoP .....	40
<b>2. Objectivos .....</b>	<b>42</b>

---



<b>2.1</b>	<b>Objectivo Geral.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2</b>	<b>Variáveis de Estudo .....</b>	<b>43</b>
2.2.1	Variáveis independentes .....	43
2.2.2	Variáveis dependentes .....	43
<b>3.</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>44</b>
<b>3.1</b>	<b>Desenho do Estudo.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2</b>	<b>Amostra.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3</b>	<b>Procedimentos .....</b>	<b>46</b>
3.3.1	Medição do Peso e Altura.....	46
3.3.2	Aquisição dos Centros de Pressão (CoP).....	47
3.3.3	Parâmetros Não Lineares.....	49
<b>3.4</b>	<b>Recolha de dados.....</b>	<b>49</b>
3.4.1	Procedimentos de recolha .....	49
3.4.2	Procedimentos de cálculo.....	50
<b>3.5</b>	<b>Análise Estatística.....</b>	<b>51</b>
<b>4.</b>	<b>Apresentação de Resultados .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1</b>	<b>Componente Antero-Posterior .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2</b>	<b>Componente Médio-Lateral .....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>Discussão de Resultados .....</b>	<b>62</b>
<b>5.1</b>	<b>Entropia Aproximada .....</b>	<b>63</b>
<b>5.2</b>	<b>Expoente Lyapunov (eLy).....</b>	<b>65</b>
<b>5.3</b>	<b>Auto-Correlação (AuCor).....</b>	<b>65</b>
	<b>Conclusão .....</b>	<b>68</b>
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>70</b>
	<b>Apêndices .....</b>	<b>81</b>
	<b>Apêndice 1.....</b>	<b>82</b>
	<b>Apêndice 2.....</b>	<b>85</b>

## Índice de Figuras

---

Figura 1 – Plataforma de forças, sensível às pressões exercidas. Orientação dos eixos da plataforma .....	38
Figura 2 – Descrição esquemática do material utilizado no sistema de aquisição e processamento dos dados (adaptado de Cunha 2010).....	47
Figura 3 – Posição assumida pelos jogadores para a recolha do peso .....	49

## Índice de Quadros e Gráficos

---

### Quadros

Quadro 1 – Quadro 1 - Caracterização da amostra quanto à idade, altura e peso (Média $\pm$ DP .....	46
Quadro 2 – Valores referencias para os diferentes parâmetros.....	53
Quadro 3 – Estatística descritiva dos resultados obtidos nas diferentes modalidades e testes relativas às oscilações na componente Antero-posterior .....	53
Quadro 4 – Estatística descritiva dos resultados obtidos nas diferentes modalidades e testes relativas às oscilações na componente Médio-Lateral .....	57
Quadro 5 – Resultados da comparação realizada entre modalidades nos diferentes parâmetros não lineares na componente Antero-Posterior.....	58
Quadro 6 – Resultados da comparação realizada entre modalidades nos diferentes parâmetros não lineares na componente Antero-Posterior .....	61

### Gráficos

Gráfico 1- Resultados da EnAp na componente Antero-Posterior .....	54
Grafico 2 - Resultados do expoente de Lyapunov para a componente Antero-Posterior .....	55
Grafico 3 - Resultados da AutoCorrelação para a componente Antero-Posterior .....	56
Grafico 4 -resultados da Entropia Aproximada para a componente Médio- Lateral .....	58
Grafico 5 -resultados do Expoente Lyaponov para a componente Médio- Lateral .....	59
Grafico 6--resultados da AutoCorrelação para a componente Médio-Lateral .....	60

## Lista de Siglas e Abreviaturas

---

**AP** – Antero Posterior

**ApEn** – Entropia Aproximada

**Área BOS** – Área da Base de Suporte

**AuCor** - Autocorrelação

**BOS** – Base de Suporte

**CoG** – Centro de Gravidade

**CoM** – Centro de Massa

**CoP** – Centro de Pressão

**ex.** – Exemplo

**GL** – Linha da Gravidade

**INE** - Instituto Nacional de Estatística

**LyE** – Expoente Lyapunov

**ML** - Médio Lateral

**SCP** - Sistema de Controlo Postural

**SNC** - Sistema Nervoso Central

**UpD** - Unipodal direita

**UpE** - Unipodal Esquerda



### Introdução

O treino é um processo pedagógico complexo é uma actividade específica, sistemática dirigida à formação específica sobre a personalidade e estado físico do atleta, assumindo formas variadas.

O papel desempenhado pelas capacidades motoras e em especial a coordenação do acto motor no desporto é referido por alguns autores como determinante na carreira desportiva do jovem atleta (Mano 1994).

A realização de uma tarefa motora resulta de uma organização nervosa determinando em que ordem os diferentes músculos serão activados, ou seja, a coordenação muscular é indissociável dos processos de comando da motricidade (Bouisset and Maton 1995) .

As capacidades coordenativas inerentes ao acto motor permitem uma maior fidelidade e estabilidade na execução do modelo motor (Hirtz 1986). Para este autor a capacidade de coordenação motora é sustentada por cinco capacidades essenciais: Capacidade de orientação espacial; Capacidade de diferenciação cinestésica; Capacidade de reacção; Capacidade de ritmo; Capacidade de equilíbrio.

O controlo postural é uma função importante na manutenção do equilíbrio resultante de funções dos sistemas nervoso, sensorial e motor, bem organizadas.

Nos mecanismos de controlo postural existem dois parâmetros a serem levados em conta: a) a orientação postural que garante a manutenção da posição dos segmentos corporais em relação aos próprios segmentos e ao meio ambiente e b) o equilíbrio postural, representado pelas forças que agem sobre o corpo na busca do equilíbrio corporal durante as acções motoras (Horak and MacPherson 1996).

A coordenação dos múltiplos graus de liberdade dos seus corpos no sentido de actuarem como uma unidade na realização de tarefas comportamentais tem sido tema para muitos trabalhos científicos (Kel(Kelso, Shouhard et al. 1979).

Estudos recentes sobre as dinâmicas de coordenação na postura humana argumentam que o controle multi-articular na postura erecta, tem características (Newell and Corcos 1993)

Organizando estas ideias, acima referidas, podemos concluir que os processos de treino com jovens atletas de diferentes modalidades devem incluir uma forte componente coordenativa. De acordo com (Hirtz 1986) a capacidade de coordenação motora, depende para além de outras capacidades essenciais da capacidade de orientação espacial da capacidade de diferenciação cinestésica e da capacidade de equilíbrio, características essenciais no controlo Postural (Winter 1995).

## 1. Revisão da Literatura

---



### 1.1 Postura

#### 1.1.1 Definição

A definição de postura na literatura não é unânime. Aparecem definições diferenciadas de postura na literatura, algumas definições baseiam-se em aspectos somáticos e outras em variáveis biomecânicas.

A postura corporal é uma característica individual associada à imagem corporal, sendo um arranjo relativo das partes do corpo na busca de equilíbrio (Knoplich 1985), ou a postura é a posição que o corpo assume no espaço em função do equilíbrio dos quatro constituintes anatómicos da coluna vertebral: vértebras, discos, articulações e músculos (Asher 1976)

Factores ambientais influenciam o desenvolvimento e a manutenção da postura. O desgaste sofrido pelo corpo humano devido às próprias actividades da vida diária pode ser agravado pela adopção de posturas inadequadas. A má postura é aquela em que existe uma falta de relacionamento das várias partes do corpo, induzindo um aumento da sobrecarga às estruturas de suporte, o que poderá resultar em dor. Uma má postura gera um desfavorecimento biomecânico para a realização de certas tarefas como factor desencadeante de lesões por esforços repetitivos (Barreira 1994)

A postura humana sofreu grandes alterações ao longo do tempo, e a coluna não se adaptou completamente às novas exigências colocadas ao Homem Erectus. A coluna vertebral observada de perfil apresenta quatro curvas fisiológicas, que têm como objectivo distribuir as forças que actuam sobre o corpo humano, a postura, neste caso, é o resultado dos esforços musculoesqueléticos para actuarem contra as influências da força da gravidade (Ritcher and Hegben 2007). Relativamente a esta ideia das reacções à força da gravidade, assumindo a nossa postura bípede, característica do Homo Erectus e considerando os diferentes tipos de locomoção terrestre (apoio a um pé – andar e nenhum apoio – corrida), o controlo postural cria um grande desafio ao nosso sistema nervoso (Winter 1995; Duarte 2000).

A postura correcta é um estado em que as massas corporais estão distribuídas de tal forma que os músculos mantêm o seu tónus normal e as tensões ligamentares neutralizam o efeito da gravidade. A postura pode ainda ser definida como a configuração articular de um corpo, isto é o conjunto de ângulos que expressam o arranjo relativo entre segmentos de um corpo (Zatsiorsky 1998).

Para uma boa postura há que considerar o desenvolvimento de forças musculares sinérgicas, envolvendo o equilíbrio entre a musculatura agonista e antagonista, implicadas na postura bípede. O aspecto da mobilidade é um indicador importante da postura saudável, envolvendo o mínimo de esforço e sobrecarga das estruturas, com o menor gasto de energia e máxima eficiência na utilização do corpo (Kendall and Kendall 1968).

Uma outra abordagem refere o equilíbrio entre as estruturas de suporte envolvendo o mínimo de esforço, e a forma como o corpo se posiciona durante as actividades da vida diária, numa relação estável entre o sujeito e o meio, resultando numa estabilização espacial para que o indivíduo se sinta estável no espaço que ocupa (Vikery and Moffat 2002).

As diferentes definições aqui apresentadas fazem referência a dois estados bem definidos: a) postura em situação estática; b) postura em situação dinâmica. Nestes dois tipos de postura, o corpo adapta-se continuamente em função de respostas a estímulos recebidos, o corpo reflecte experiências momentâneas.

Na postura bípede estática é possível avaliar o controlo a partir das oscilações do Centro de Pressão (CoP – coordenada que representa a origem das forças realizadas no apoio), sendo possível assim a identificação de desvios, desníveis e assimetrias posturais (Basmajian 1965).

A postura dinâmica é a realização de todos os movimentos de deslocamento corporal com a participação da coluna vertebral, com o equilíbrio adequado para a realização do movimento (Knoplich 1985) ou de uma forma mais funcional a postura dinâmica é a postura corporal que se assume na execução das diversas tarefas e situações do dia-a-dia, como andar, subir escadas, dormir incluindo as actividades profissionais (Rocha and Pedreira 2001).

Conclui-se que o Controlo Postural resulta de uma relação complexa e dinâmica entre o sistema sensorial e motor (Barela 2000). Torna-se assim importante conhecer como é que cada um destes sistemas participa na manutenção do equilíbrio e quais são as relações existentes entres eles.

### 1.1.2 Postura e Equilíbrio

O equilíbrio consiste numa tarefa motora complexa que tem como função básica o posicionamento do centro de gravidade do corpo sobre alguma parte da sua base de suporte (BoS).

Bankoff (1996) (Bankoff, McEniff et al. 1996) num estudo sobre as relações existentes entre postura corporal e equilíbrio corporal postural, a postura poderá ser uma característica individual, concluindo que apesar da postura corporal estar intimamente ligada ao equilíbrio corporal postural, não é determinante nas suas alterações (Bankoff, Campelo et al. 2006).

No estudo do equilíbrio e da postura corporal existem dois parâmetros fundamentais, um relacionado com orientação postural, manutenção da posição dos segmentos corporais em relação aos próprios segmentos e ao meio ambiente, e o equilíbrio postural, representado por relações entre as forças que agem sobre o corpo na busca dum equilíbrio corporal durante as acções motoras (Horak and MacPherson 1996).

Apesar de serem fenómenos distintos a orientação postural e o equilíbrio apresentam relações de dependência. A manutenção da postura e do equilíbrio do corpo é uma função complexa do sistema nervoso, implicando vários sistemas desempenhando papéis complementares. Estes sistemas, de forma coordenada, em funcionamento geram os principais reflexos de postura e dos movimentos de recuperação quando há desequilíbrios do corpo.

A manutenção do equilíbrio é uma das funções do aparelho locomotor. Para a sua manutenção, o organismo relaciona uma grande quantidade de informação dos receptores de todo o organismo, sendo de grande importância os proprioceptores situados nos músculos, tendões, fascias e articulações. A

visão e a audição desempenhem também um papel muito importante (Ritcher and Hegben 2007) na manutenção e controlo do equilíbrio.

Para manter o equilíbrio o sistema de controlo postural recebe um conjunto de informações sobre as posições relativas dos segmentos corporais e a grandeza das forças que estão a actuar sobre ele. Estas informações vindas do exterior através de três tipos de receptores, actuam de forma integrada e diferenciada relativamente a cada perturbação do corpo:

a) somato-sensorial, b) visual e c) vestibular.

Os três sistemas são responsáveis pela entrada em acção dos mecanismos de retro alimentação (feedback) e de antecipação (feedforward) (Rozzi, Yuktadanandan et al. 2000). O sistema sensório-motor é complexo e está relacionado com integração de informação, coordenação do movimento e estabilidade. Este sistema que compreende a integração e o processamento de informações sensitivas, motoras e centrais relacionadas com a homeostasia articular, torna-se essencial para a produção do movimento e manutenção da estabilidade articular, através da cooperação entre componentes estáticos e dinâmicos e a sua capacidade de adaptação e flexibilidade. Os componentes estáticos são os ligamentos, cápsulas articulares e a própria geometria óssea da articulação, enquanto o contributo dinâmico é dado pelos mecanismos de controlo neuro-musculares actuando sobre músculos esqueléticos que cruzam as articulações (Lephart, Pincivero et al. 1998).

O controlo postural constitui um grande desafio para o corpo humano, e deverá ser capaz por um lado regular o equilíbrio em situações instáveis, e por outro lado, deverá ser suficientemente versátil para a rápida iniciação do movimento. A tarefa do sistema de controle postural, será a de manter a projecção horizontal do centro de gravidade (CoG) do indivíduo dentro da base de suporte definida pela área da base dos pés, durante a postura erecta bípede. A estabilidade é conseguida porque se criam momentos de força (torques) sobre as articulações do corpo neutralizando assim o efeito da gravidade ou qualquer outra perturbação, num processo contínuo e dinâmico durante a permanência numa determinada postura (Duarte 2000).

Os reflexos de endireitamento utilizados na manutenção da postura, dão-nos a noção da complexidade da postura corporal (Bankoff 1992).

Em condições estáticas, o equilíbrio é mantido quando a projecção do CoG se mantém dentro da base de suporte sendo o equilíbrio atribuído às funções desempenhadas pelo sistema nervoso, sistema sensorial e motor para garantir esta posição.

### **1.1.3 Controlo Postural e programação do Movimento**

Para executar movimentos controlados, os músculos terão que trabalhar de forma conjunta, em cadeias, o que permite que uma unidade motora suporte a outra. Os músculos são órgãos do aparelho locomotor e o sistema nervoso é o centro de controlo, recrutando os músculos para a sequência das actividades motoras (Habib 2000).

Uma actividade muscular óptima requer a existência de um bom equilíbrio e coordenação entre cada um dos grupos musculares com a inibição dos antagonistas e co-ativação dos sinergistas. Ambas as funções são reguladas pelo sistema nervoso central.

Os padrões motores ou estereótipos motores poderão manifestar-se através de alterações do equilíbrio entre cada um dos grupos musculares, quer dizer, as variações dos padrões de movimento óptimo poderão desenrolar-se logo a partir da primeira infância (Ritcher and Hegben 2007).

Durante a realização do movimento, a postura e o equilíbrio são estabilizados pelos ajustamentos antecipatórios posturais (feedforward). Alguns visam a manutenção do equilíbrio enquanto outros estabilizarão um ou vários segmentos, como sejam a cabeça, tronco ou braços, que servem como valor de referência para o cálculo da trajectória do movimento e para a sua realização com precisão. A aprendizagem dos “ajustamentos antecipatórios posturais” acontece na infância ou durante a realização e treino de tarefas específicas. A sua organização ao nível central situa-se nas estruturas centrais do cérebro envolvidas na execução e organização do movimento (Agid 1990).

O Desporto, ou actividade desportiva na infância e adolescência terá assim um papel relevante se actividade do treino for no sentido de estimular esses ajustamentos.

Os ajustes posturais antecipatórios são acções pré-programadas e dessa forma são super estimados ou subestimados, mas pretendem prever a amplitude da perturbação, sendo iniciados voluntariamente e desencadeados centralmente (Latash 1997). Os ajustes posturais antecipatórios são mecanismos de feedforward, referindo que as suas funções pretendem minimizar perturbações posturais ao nível do equilíbrio e manutenção postural, e garantir a preparação postural para o movimento, o que poderá ser detectado pelo deslocamento do CoG antes do início da marcha, ajudando a realização do movimento (Duarte 2000).

Durante a manutenção da postura erecta em resposta a perturbações ou durante deslocamentos voluntários do CoG, as estratégias de movimento e padrões de actividade muscular podem ser organizadas em estratégias da anca, do joelho e do tornozelo (Nashner and McCollum 1985) . São observados durante a postura erecta, padrões que envolvem uma combinação destas diferentes estratégias.

Os gânglios da base bem como as áreas pré-motoras, incluindo a área motora suplementar, são importantes, para a coordenação entre postura e o movimento. Sugere-se assim que uma das suas funções seja a estabilização da postura durante o movimento no sentido de estar assegurada o alcance dos objectivos do movimento que está a ser efectuado (Agid 1990).

Ao executarmos um movimento preocupamo-nos com os objectivos que são perseguidos ou com um padrão global de movimento. Ainda com base numa noção de carácter teórico, considera-se que o programa motor armazena um conjunto de comandos em memória a que o indivíduo recorre antes de iniciar determinado movimento, através de sequências de instruções que irão dirigir a activação dos músculos envolvidos numa determinada acção. Esta sequência de instruções, são sinais descendentes que têm a sua origem nas estruturas encefálicas, actuando nos moto - neurónios ou nas redes de inter-neurónios com eles associados.

Os centros envolvidos na programação são os núcleos de base do cérebro, o córtex lateral do cerebelo e algumas áreas do córtex cerebral, como a área pré – motora.

Poderemos referenciar um conjunto de aspectos que colocam problemas ao nível do controlo do movimento relacionados com a velocidade do próprio

movimento, articulações mobilizadas, precisão, complexidade e graus de aprendizagem. A diversidade de programas é diversificada o que permite a integração de movimentos com aumento progressivo do seu grau de complexidade (Pezarat 2003)..

### **1.1.4 Mecanismos de *Feed-Back* e *Feed-Forward***

O sistema nervoso permite-nos gerar forças contrácteis que nos permitem mover o corpo, bem como manter a nossa postura.

O controlo nervoso do movimento e da postura necessita de um fluxo contínuo de informação nos dois sentidos: extremidade - centro e centro - extremidade.

A importância da aferência na motricidade conduz-nos à noção de retrocontrolo (feedback), noção essa muito importante para a compreensão dos aspectos ligados aos mecanismos motores centrais.

Também o carácter hierárquico que caracteriza a organização do sistema motor, ajuda-nos a perceber que cada estrutura nervosa implicada, intervém de forma hierarquizada, isto é, cada estrutura controla uma estrutura subjacente, e ela própria funciona sob o controlo de estruturas subjacentes.

Temos como elemento desta hierarquia, a medula espinal, que constitui um primeiro nível, submetido à influência dos níveis supra adjacentes, organizando as respostas motoras mais automáticas e estereotipadas, particularmente as respostas reflexas.

Aos segmentos da espinal medula chegam informações tanto do cérebro como da periferia, do mesmo modo que saem vias desde a espinal medula até ao cérebro, e até às estruturas periféricas.

Num segundo nível temos o tronco cerebral, que integra os comandos motores descendentes e as informações sensitivas ascendentes, o córtex motor primário e o córtex associativo responsável pela identificação do alvo, escolha do trajecto e coordenação sensório-motor, bem como da programação do movimento.

Cada nível e graças ao sistema de feedback, recebe informação proveniente da periferia, podendo assim ser informado em particular do efeito da sua acção, o que lhe permite modificar continuamente o seu grau de funcionamento. Os níveis superiores também terão através deste mecanismo de feedback, possibilidade de controlar a informação que lhes chega, permitindo uma modulação muito fina da sua actividade (Habib 2000).

A resposta a uma perturbação externa, é dada pelo mecanismo de feedback e as acções antecipatórias que ocorrem no momento de identificação do estímulo estarão relacionadas como mecanismo de feedforward (Riemann and Lephart 2002).

O mecanismo de ajuste postural compensatório ou mecanismo de feedback ocorre quando se dá uma perturbação inesperada das forças externas. Este mecanismo está na origem da resposta que corrige a perturbação externa num determinado sistema, após a detecção sensorial dos efeitos dum determinado estímulo.

As acções que se verificam no momento em que se identifica o início ou os efeitos provocados por determinado estímulo eminente serão consideradas parte do mecanismo de feedforward. Estes ajustes que antecipam as perturbações, bem como a sua grandeza, permitem ao sistema nervoso central (SNC) adequar e modular a tensão muscular, no sentido de controlar as oscilações corporais.

No controlo por feedback existe um processamento contínuo da informação aferente, enquanto o controlo por feedforward, se caracteriza por respostas intermitentes utilizadas até ao momento em que se inicia o controlo por feedback (Collins and De Luca 1993)

Os mecanismos de controlo referidos dependem da entrada (input) somatosensorial que fornece informações sobre a posição do corpo no espaço, relativamente à superfície de suporte, informações da posição e da velocidade relativa entre os segmentos do corpo, e informações sobre as pressões que actuam na interface segmento/base de suporte. A estimulação gera potenciais que desencadeiam estímulos nervosos no sistema nervoso periférico (SNP) e que se irão dirigir ao sistema nervoso central (SNC). A sensação captada, bem como a interpretação do significado do estímulo ocorre no cérebro, sendo o



SNC o mediador primário da percepção e execução do controlo músculo-esquelético e do movimento (Lephart and Fu 2000) .

O sistema de circuito fechado (closed-loop) dá ênfase ao papel desempenhado pelo feedback sensorial no planeamento, execução e modificações na tarefa motora.

Os receptores responsáveis situam-se ao nível da sensibilidade somática, e diz respeito ao corpo em geral, e corresponde à informação fornecida pelos receptores cutâneos e receptores proprioceptivos dos músculos e articulações, responsáveis pelo conhecimento do corpo no espaço, posições relativas dos diferentes segmentos, da velocidade e aceleração dos movimentos (Pezarat 2003).

A visão e as sensações vestibulares além dos receptores acima referidos colocam questões de tempo no processamento da informação e posterior resposta. As acções motoras muito rápidas (movimentos balísticos) não dão tempo ao sistema de gerar, detectar e corrigir o movimento, sendo este mecanismo útil quando estamos perante acções motoras lentas ou que exigem precisão (Voigt and Cook 2001).

Por outro lado o sistema de circuito aberto (open-loop), em que se cria um plano de acção, antecipando o movimento produzido pelo córtex cerebral e preparando os músculos antes da acção motora, existindo assim um controlo motor por feedforward. Este mecanismo prepara o sistema para o comando motor que está iminente ou para a recepção de um feedback sensorial.

### **1.1.5 Sistema Visual e sistema Vestibular**

A visão é entre os sistemas sensoriais, o mais útil e o mais importante do ponto de vista funcional. O primeiro intermediário entre o mundo visual e o cérebro é a retina, órgão receptor da visão. Ao contrário dos receptores da sensibilidade, a retina não é uma estrutura periférica, mas sim uma verdadeira expansão do sistema nervoso (Habib 2000).

Cerca de 70% da informação que recebemos do meio tem como origem a visão (Rodney 2003).

A acuidade visual e o campo visual são aspectos muito importantes na visão. A acuidade visual é a medida da capacidade do olho para ver os detalhes dos objectos ou símbolos a determinadas distâncias (Mir 2004) . O campo visual por outro lado tem a ver com a amplitude do espaço que o olho tem capacidade de alcançar sem efectuar movimento.

O sistema visual fornece informações sobre a posição e movimento dos membros relativamente ao ambiente e ao resto do corpo (propriocepção visual) e sobre a posição e movimento de um objecto no espaço (Duarte 2000). É um sistema importante nas tarefas de manutenção da postura e de movimento, mas o seu papel na manutenção da postura erecta quieta é reduzido (Latash 1997).

Ao considerarmos os feedbacks do sistema somatosensorial, sistema vestibular e sistema visual os reflexos gerados pelo feedback visual são os mais lentos dos três.

O mecanismo de controlo em antecipação, permite preparar os músculos para uma acção motora. Esta pré-activação em que o SNC antecipa o movimento, depende muito de experiências anteriores, que irão determinar a formação de padrões motores. A visão tem grande importância na execução deste mecanismo de controlo, permitindo a preparação do sistema motor para o movimento a efectuar (Voigt and Cook 2001).

O sistema vestibular é constituído por uma estrutura óssea, o labirinto, localizado no osso temporal e tendo interiormente as estruturas membranosas (Tavares 1984). Este sistema é um dos responsáveis pela orientação espacial do corpo em situações estáticas e dinâmicas, sendo determinante no equilíbrio corporal.

### **1.1.6 Importância da postura em crianças e jovens**

Os factores ambientais, influenciam o desenvolvimento e a postura, na infância e a adolescência. Assim como existem claras mudanças ao nível da estatura e do peso, também se verificam mudanças ao nível postural de acordo com experiências e vivências corporais. Durante este período a adopção de

uma postura incorrecta poderá ter repercussões negativas no futuro (Calvete 2004).

Por volta dos nove anos existe uma tendência nas raparigas para um aumento da lordose da coluna lombar. A partir da adolescência essa tendência diminui, aumentando a estabilidade postural (Kendall, Provance et al. 1995). A postura envolve uma relação dinâmica na qual as partes do corpo, principalmente os músculos esqueléticos, se adaptam em resposta a estímulos (Briacciali and Vilarta 2000).

A utilização de posturas erradas durante as actividades que realizamos frequentemente poderá conduzir a uma aceleração do processo de desgaste sofrido pelo aparelho locomotor. O estudo da relação entre a postura adoptada e as estruturas anatómicas que apresentam patologias, tem sido uma preocupação crescente em diversas áreas da investigação científica, sendo a Biomecânica importante representante deste grupo (Sacco 2003)).

A qualidade dos nossos hábitos posturais está directamente relacionada com a disponibilidade para alinhar o corpo correctamente em cada situação, podendo um correcto alinhamento reduzir o stress nas articulações durante o movimento (Canga 2010).

*“Quando as estruturas funcionam correctamente, o equilíbrio aparece sem necessidade de o criar”* (Barreira 1994).

O desgaste que sofre o corpo humano devido às actividades quotidianas, pode ser agravado pela adopção de posturas inadequadas, sendo importante no sentido de diminuir a incidência de futuras afecções posturais no adulto, realizar um correcto trabalho de base com crianças e adolescentes (Braccially and Vilarta 2000).

Quando as curvas fisiológicas estão normais a coluna vertebral absorve de modo regular e equilibrado pressões e peso exercido sobre o corpo. Por outro lado quando as curvaturas se encontram nos seus limites fisiológicos, existe uma sobrecarga derivada da tensão dos ligamentos e contracção muscular, agindo com o objectivo de normalizar essas curvaturas. A coluna vertebral é considerada o eixo do corpo, e apresenta no plano sagital quatro curvaturas; cervical, dorsal, lombar e sacra. A curvatura dorsal e sacra são

primárias e côncavas anteriormente, sendo mais sólidas e menos móveis que as curvaturas secundárias, que se caracterizam por serem mais flexíveis, mas também mais frágeis. Muitas alterações posturais acontecem durante o período de crescimento e desenvolvimento, infância e adolescência (Nissinem, Heliovaara et al. 2000).

A evolução de cada ser humano passa por fases distintas, influenciadas por diversos factores, desde os genéticos até aos psicológicos, fisiológicos, experiências físico motoras e vícios posturais que poderão trazer sérias perturbações ao nível da coluna vertebral (Black 1993).

Torna-se assim muito importante a identificação dos problemas posturais das crianças e jovens em crescimento, reconhecendo que não se espera um alinhamento padrão semelhante ao do adulto.

As crianças e jovens em desenvolvimento têm uma mobilidade e flexibilidade muito maiores que as do adulto (Kendall, Provance et al. 1995). O diagnóstico e tratamento precoces de doenças da coluna vertebral minimizam os efeitos dos desvios posturais (Murahovschi 1998).

Assim a realização de avaliações posturais, testes específicos de flexibilidade e força muscular, bem como as avaliações goniométricas, poderão fornecer informações sobre as adaptações ao longo dos anos escolares, em função do crescimento e desenvolvimento de hábitos no dia a dia.

Nas más posturas verificamos uma falta de relacionamento das várias partes corporais, aumentando assim a sobrecarga nas estruturas de suporte, resultando em quadro de dor (Barreira 1994).

As situações de algias posturais da coluna vertebral têm aumentado muito entre os jovens até aos vinte anos, período em que se desenvolvem muitas situações de deformidades ósseas, sendo entre os sete e os catorze anos um período adequado às correcções posturais (Lapierre 1982).

Nestas idades os jovens estão expostos a um conjunto de sobrecargas crescentes e acções compensatórias que surgem perante a aplicação de cargas assimétricas. As placas de conjugação ou de crescimento poderão nesta fase sofrer alterações mecânicas

Até cerca dos dez anos a postura varia, pois as crianças vão testando novas formas de reagir à acção da gravidade (Knoplich 1985) .

Nas alterações posturais verificadas na infância e adolescência, destaca-se o crescimento repentino e desordenado, possibilitando o aparecimento de alterações e desvios posturais (Braccialli and Vilarta 2000). No entanto também está demonstrado, que enquanto o crescimento não está terminado, é possível corrigir estas alterações.

As deformidades vertebrais na criança e no adolescente estão directamente relacionadas com o crescimento ósseo (Avanzi and Pinto Filho 1983). As alterações verificadas em crianças e jovens, refere que o alto índice de crianças com alterações posturais na coluna cervical, indica que muitos alunos em idade escolar não apresentam uma postura adequada durante as actividades, principalmente em sala de aula, o que provoca uma acentuada curva na região cervical prejudicando o equilíbrio corporal (Weiss, Hunter et al. 1988).

Sabemos que o crescimento normal e a maturação influenciam de forma determinante o tempo de aquisição de habilidades específicas dos jovens, devendo os limites de cada atleta serem respeitados, uma vez que as pressões externas poderão conduzir a graves lesões desportivas.

Nas etapas iniciais do processo de treino as propriedades das apófises e dos tendões poderão não acompanhar os ganhos de força muscular. Os tecidos orgânicos podem sofrer danos motivados por actividades cíclicas, desconhecendo-se quais desses tecidos são mais facilmente afectados por essas actividades. No entanto existem evidências em termos clínicos que sugerem que as zonas de inserção são mais facilmente afectadas em comparação com os tendões e ligamentos (Hawkins and Metheny 2001).

A postura do adolescente poder ser afectada por vários factores intrínsecos e extrínsecos, tais como a hereditariedade, ambiente ou condições físicas nas quais os indivíduos vivem, bem como factores emocionais, socioeconómicos e alterações decorrentes do próprio crescimento e desenvolvimento (Penha, João et al. 2005).

### 1.1.7 Postura e equilíbrio no treino de jovens

Movimentos e desportivos dependem estruturalmente de uma série de factores fisiológicos e neuro-motores cuja funcionalidade define o nível de performance que um jovem atleta pode atingir. O trabalho a desenvolver no âmbito do treino desportivo deverá favorecer as posturas correctas, prevenindo-se o desenvolvimento de alterações posturais que possam vir a prejudicar a saúde e o bem-estar (Sacco 2003).

O correcto desenvolvimento da forma desportiva do atleta só se verificará se forem aplicados os seguintes Grandes Objectivos do Treino (Bompa 1983):

- Alcançar e aumentar um desenvolvimento físico e multilateral
- Assegurar e melhorar o desenvolvimento físico e específico de acordo com a modalidade praticada
- Aperfeiçoar a técnica da modalidade escolhida
- Aumentar e aperfeiçoar as necessidades estratégicas
- Assegurar as capacidades volitivas
- Aperfeiçoar e assegurar uma óptima preparação da equipa
- Fortalecer o estado de saúde de cada atleta
- Prevenir o aparecimento de lesões, atendendo às precauções de segurança de cada modalidade.
- Enriquecer os conhecimentos teóricos de cada atleta.

O crescente sedentarismo, a revolução tecnológica e a redução dos espaços para a prática d actividade física nos centros urbanos, levam ao abandono das brincadeiras e jogos tradicionais, diminuindo significativamente os níveis de actividade motora entre os jovens.

O excesso de peso corporal pode influenciar de forma negativa o desempenho motor no seu aspecto geral, com destaque para as actividades em que ocorre o deslocamento da massa corporal, como corridas, saltos e actividades que exigem agilidade, desencadeando dessa forma o abandono desmotivação por essas actividades pelos indivíduos obesos (Malina, Bouchard et al. 2002).

As evidências de disfunção corporal e aumento de determinadas lesões, nas sociedades urbanas, fruto do crescente envolvimento tecnológico apontam para o incremento de prevalência de vários problemas osteo-articulares e musculares como as lombalgias (60 a 70% da população terá pelo menos uma na vida problemas de coluna, lesões no joelho (Lesões do ligamento cruzado anterior), 70% destas resultam de situações em que não existe contacto, osteoporose, sarcopénia (perda de massa muscular).

### 1.1.7.1 *Basquetebol*

O basquetebol é um desporto colectivo, de características abertas, tornando assim dependente das capacidades coordenativas para uma óptima realização dos seus elementos específicos. As características deste jogo tornam-no, num jogo complexo sendo portanto importante o aperfeiçoamento das capacidades coordenativas.

A literatura especializada em basquetebol sugere que os atletas em formação tenham vivências técnico-táticas em todas as funções para, posteriormente, se especializarem numa função específica, de acordo com seu talento e disponibilidade, havendo no entanto poucas referências à evolução das características de controlo postural nas idades de aprendizagem.

### 1.1.7.2 *Voleibol*

O Voleibol é um desporto de competição que se caracteriza por acções rápidas e explosivas. Sendo um desporto de competição mostra o melhor da habilidade, coragem, criatividade e estética. As regras são estruturadas para permitir a expressão de todas estas capacidades. Com poucas excepções, o Voleibol permite a todos os jogadores jogar perto da rede (no ataque) bem como no fundo do campo (defesa ou serviço).

O Voleibol é um jogo composto por acções de agilidade. Defensivamente os jogadores deverão trabalhar uma “posição base” que os prepara e os posiciona correctamente para uma movimentação lateral. Estes

movimentos realizados em diagonal terão de ser coordenados com movimentos de impulsão vertical (Carter 2001)

O treino do equilíbrio é uma componente essencial para um programa de exercícios de voleibol bem planeado. O equilíbrio é fundamental para incrementar o movimento, a consciência corporal, aquisição de força, rapidez, coordenação e controlo (Gagestein 2006).

### 1.1.7.3 *Rugby*

O Rugby é uma modalidade em que se deve privilegiar no treino situações de aperfeiçoamento com uma forte componente de adaptabilidade relativamente às tarefas propostas. A diversidade das tarefas deverá enriquecer o esquema motor de resposta de um atleta (Vaz 2001)

A condição física geral engloba a capacidade cardiovascular, força, velocidade e destreza física, onde se englobam destreza manual, equilíbrio e coordenação. É essencial para a formação do jovem atleta o desenvolvimento de vários tipos de locomoção, tornando-se o equilíbrio relevante em variadas situações do jogo, tanto com carácter estático como dinâmico. O facto de estarem envolvidas muitas situações de contacto e confronto físico faz com que a preparação deva ser vista numa perspectiva muito abrangente. (Rocha 2008).

### 1.1.7.4 *Hóquei em patins*

O Hóquei é um desporto muito específico devido à forma de deslocamento e à necessária manipulação do “stick”.

No decorrer do jogo verifica-se uma grande densidade de jogadores, tanto no ataque como na defesa. Estas características inerentes ao próprio jogo implicam uma grande complexidade técnico-táctica realizada a grande velocidade, associada a uma forma não natural de locomoção.

A complexidade da acção de patinar é potenciada pelos requisitos da própria modalidade obrigando a repetitivas paragens e recomeços de



movimento, viragens apertadas, patinar para trás e movimentos laterais muitas vezes com contacto físico. A acrescentar a este aspecto temos a manipulação do stick e o controlo de uma pequena bola.

Além da força, a modalidade requer eficiência de movimento, capacidade de reacção, coordenação óculo-manual, domínio do “core”, flexibilidade, equilíbrio, agilidade e proprioceptividade desenvolvida, contribuindo sucessivamente para o êxito, devendo estar presente nas diferentes etapas de formação (Ferrão 2003).

### 1.1.7.5 *Natação*

Desde a antiguidade grega que a Natação é considerada como um exercício muito saudável. Grande parte dos jovens nos dias de hoje muito cedo nas actividades aquáticas, de “Natação para bebés” e outras actividades aquáticas. A Natação para muitos é considerado o Desporto mais completo já que trabalha todas as articulações do corpo humano e é também altamente recomendável como desporto terapêutico. Como Desporto específico para a estimulação ou treino do controlo postural e de acordo com a revisão bibliográfica realizada não foi possível identificar nenhum autor que tenha indicado a Natação como uma actividade benéfica para os mecanismos de controlo postural. No entanto a aquisição por parte de um aluno de habilidades motoras aquáticas específicas, o sucesso dessa apropriação dependerá da prévia aquisição de determinadas habilidades motoras aquáticas básicas (Queiros and Barbosa 2002). Entre essas habilidades destaca-se a importância relevante do equilíbrio.

As alterações sensoriais provocadas em contacto com meio aquático e a postura assumida para a realização das técnicas em competição ou do treino em Natação poderão ser um elemento a considerar no que se refere ao controlo postural. A prática da natação de acordo com o referido num estudo sobre a influência da natação no equilíbrio em crianças (Mariana Guedes and João Santos 2004), é um factor fundamental para a melhoria de pequenos distúrbios ao nível do equilíbrio.

### 1.2 A Variabilidade nas dinâmicas de Coordenação Postural

A variabilidade está inerente dentro entre os sistemas biológicos e é difusa atravessando os múltiplos níveis de organização do movimento, devendo-se aos diversos complexos sistemas e constrangimentos, que interagem no sentido de produzir movimento, sendo o resultado do problema da coordenação dos diferentes graus de liberdade (Whiting 1884).

A variabilidade é inerente aos sistemas biológicos e poderá ser caracterizado como as mudanças normais que ocorrem no desempenho motor através das múltiplas repetições duma tarefa. Até há pouco tempo a variabilidade foi interpretada como o resultado dum processo aleatório, no entanto esta situação tem vindo a ser alterada, através dum fenómeno previamente definido como ruído, sendo o resultado de interacções não-lineares tendo uma origem determinística (Amato 1992), forçando-os a agir como unidade para alcançarem as suas tarefas comportamentais (Kelso, Shouthead et al. 1979).

Para conseguir o controlo necessário esta alta dimensionalidade do corpo, terá que ser reduzida a um sistema que tenha ordem, seja estável e possua padrões flexíveis de coordenação (Bernstein 1967).

A variabilidade tem sido conectada com a saúde dum sistema biológico. Esta variabilidade saudável não é aleatória, contem em si ordem e poderá ser caracterizada através de descritores matemáticos não lineares.

A utilização de ferramentas e conceitos contidos na teoria do caos e dinâmicas não lineares, trás ganhos à investigação no âmbito da variabilidade em diferentes níveis do sistema de análise do sistema de comportamento do movimento (David, Bennett et al. 2006).

A variabilidade tem sido vista como prejudicial ou benéfica na coordenação do movimento.

Esta última visão emerge das Teorias do Caos, que estuda o comportamento de sistemas com características de previsibilidade e ordem apesar de serem aparentemente aleatórios, com aplicação ao movimento

humano. Considera-se que nos sistemas dinâmicos exista apenas uma quantidade desprezível de aleatoriedade, sendo o comportamento desses sistemas considerados determinísticos o que nos conduz à ideia de que existe sempre apenas um único evento futuro imediato, o qual é determinado pelo evento que o precede. Uma das características dos sistemas dinâmicos tem a ver com a sua dependência das condições iniciais, e sendo assim, mínimas diferenças no início de um processo, poderão conduzir a situações completamente opostas ao longo do tempo (Godoy 2003) .

Nesta perspectiva acredita-se que a variabilidade é uma propriedade emergente num sistema auto-organizado, com características dinâmicas não lineares, no seio do sistema neuro-motor (Bingham, Schmidt et al. 1991) determinando a estabilidade dum padrão de movimento em torno dum atrator. Grandes quantidades de variabilidade sugerem instabilidade nos padrões de movimento, enquanto pequenas quantidades sugerem padrões mais estáveis. Recentes pesquisas focando a relação entre intencionalidade e variabilidade modelam a coordenação inter-segmentar durante determinado posicionamento, ponto de partida na modulação do controlo postural, revelando influências de constrangimentos locais como intenções e forças, enquanto as transições entre padrões revelam funcionamento de processos de auto-organização.

A variabilidade também permite flexibilidade no sistema neuro- motor, o que permite a aprendizagem dum novo padrão de movimento, através do ajustamento de parâmetros apropriados, permitindo seleccionar a mudança de padrões de movimentos previamente aprendidos, sendo possível aceder a novos atractores.

Por outro lado a variabilidade fornece perturbações estocásticas que permitem aceder a diferentes padrões de movimento, sendo seleccionado o padrão apropriado (Newell and Corcos 1993).

### 1.2.1 Variabilidade e saúde biológica

No organismo humano foram detectadas diversas situações em que se podem identificar, componentes com padrão caótico, tais como batimentos cardíacos, pressão arterial, fluxo sanguíneo, respiração e a própria marcha. Poderemos inferir daí que o ser humano, se comporta como um sistema dinâmico complexo não linear (Newell and Corcos 1993).

A variabilidade tem sido associada à saúde dos sistemas biológicos, como os acima referidos, permitindo a aplicação de métodos analíticos derivados da Teoria do Caos uma abordagem nova no estudo e entendimento das características desses fenómenos dinâmicos.

As dinâmicas de saúde estavam relacionadas com padrões de regularidade e ordem, enquanto a variabilidade estava relacionada com padrões ligados à doença (Goldberger and West 1987).

Assim segundo pontos de vista mais actuais, a variabilidade biológica em quantidade adequada e correcta é essencial para a saúde.

As variações do ritmo biológico fora dos limites normais, levam a um tipo de doença, chamada de doença dinâmica, caracterizada por alterações nas dinâmicas de variáveis relevantes, de pequenas para grandes amplitudes, com aparecimento de novos ritmos, ou desaparecimento de variações, apresentando dinâmicas mais constantes (Glass and Mackey 1988).

### 1.3 Método de Análise da Postura

O sistema sensorial fornece-nos informações sobre a posição dos segmentos corporais em relação a outros segmentos e ao ambiente, o sistema motor é responsável pela activação adequada dos músculos implicados no movimento, o sistema nervoso central integra informações provenientes do sistema sensorial para então enviar impulsos nervosos aos músculos gerando as respostas neuro-musculares, também denominadas de, estratégias posturais, necessárias para garantir, na postura erecta e com os pés imóveis, que a projecção do centro de gravidade seja mantido dentro da base de

suporte (polígono delimitado pelas bordas laterais dos pés) dando estabilidade ao corpo, o que irá permitir movimentos com os segmentos superiores do corpo. A rigidez passiva da estrutura músculo tendinosa do corpo humano actua como um “elástico “ contrariando o momento de força gravitacional, que poderá conduzir uma queda do corpo para a frente (Duarte 2000).

Embora a estimativa da contribuição devido à rigidez passiva varie bastante na literatura, estima-se que esse momento de força se situe entre os 65% e os 90% da magnitude do momento de força gravitacional (Casadio, Morasso et al. 2005).

### **1.3.1 Avaliação do Controlo Postural através da Posturografia**

A posturografia refere-se a qualquer estudo ou técnica utilizada para medir a oscilação do corpo, ou de uma variável associada a essa oscilação. Temos por um lado a posturografia estática, nas situações em que o indivíduo é estudado numa postura erecta quieta, e posturografia dinâmica, quando se estuda a resposta a uma perturbação aplicada ao sujeito.

O centro de pressão (CoP) é o parâmetro mais utilizado quando pretendemos avaliar o controlo postural. O CoP sendo o ponto de aplicação da resultante das forças verticais que actuam sobre a superfície de suporte, representa o resultado final do sistema de controlo postural e da força da gravidade (Duarte 2000).

A representação gráfica da trajectória do CoP corresponde à variação no tempo, das forças geradas pelos músculos para a estabilização do corpo (Baratto, Morasso et al. 2002).

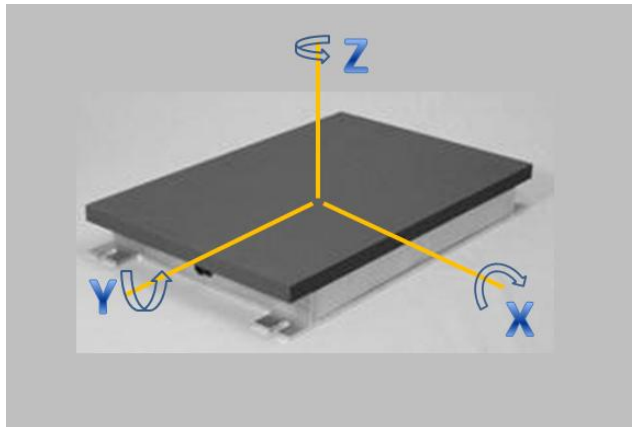
A oscilação real do corpo é avaliada através das variações do centro de gravidade (CoG), ou seja, é o ponto de aplicação da resultante das forças gravitacionais actuando na superfície de suporte, representando um resultado colectivo do sistema de controlo postural e força da gravidade. A posição do CoG é uma medida de deslocamento e é totalmente independente da velocidade ou aceleração total do corpo ou dos seus segmentos (Winter, Patla et al. 1990).

O CoP é uma medida de deslocamento dependente do CoG, e representa a localização do vector resultante da força de reacção do solo, podendo neste caso ser recolhido numa plataforma de força. Este vector é igual e oposto à média ponderada das forças que actuam na plataforma (peso e forças internas) (Winter, Patla et al. 1990).

A oscilação do CoG é a grandeza que realmente indica o balanço do corpo e a grandeza do CoP que é na verdade a resposta neuromuscular da oscilação do CoG (Duarte 2000).

Estas duas grandezas expressam conceitos diferentes, mas em determinadas situações, como por exemplo na postura erecta estática, poderão apresentar a mesma coisa (Gurfinkel 1973).

Para o registo das variações do CoP, utiliza-se uma plataforma sensível às pressões exercidas sobre a mesma que através de sensores especiais, localizados na plataforma irão medir em três componentes , (antero-posterior - AP ; medio-lateral - ML; e vertical - V) as reacções às Forças exercidas ( $F_x$ ;  $F_y$  e  $F_z$ ), assim como os Momentos em torno dos eixos ( $M_x$ ,  $M_y$  ,  $M_z$ ).



**Figura 1 – Plataforma de forças, sensível às pressões exercidas. Orientação dos eixos da plataforma**

O CoP refere-se a uma medida de posição e é calculada a partir da relação entre duas variáveis ( $M_x$ ;  $M_y$ ;  $F_x$  e  $F_z$ ) obtidas à superfície da plataforma (eq. 1 e eq. 2). A orientação do sujeito determina a direcção (antero-posterior - AP e médio lateral-ML).

O resultado final do CoP indirectamente dos parâmetros da plataforma é sensível à calibração da mesma aos cabos, amplificadores e filtros a utilizar no processo de cálculo (Cappello, Lenzi et al. 2004).

Para Duarte (Duarte 2000) a etapa de aquisição e processamento do sinal é tão importante quanto a etapa de mensuração do sinal, pela plataforma de força.

### 1.3.1.1 *Padronização da Posturografia*

Algumas considerações devem ser tomadas em conta para a aquisição adequada do CoP, através da plataforma de forças, como a frequência de aquisição, período de aquisição, número de tentativas entre outros. Embora as frequências de oscilação do CoP estejam abaixo dos 10Hz (Winter 1995) a recolha de dados deverá ser realizada acima dos 100Hz devido às frequências do ruído presentes Freitas e Duarte (2006).

Relativamente ao número de recolhas, e porque as oscilações posturais apresentam alguma variabilidade é necessário realizar um número de recolhas em número suficiente para perceber a origem dessa variabilidade, no entanto um número elevado de repetições pode provocar um efeito de aprendizagem que resultará numa redução da oscilação corporal, por outro poderemos estar a induzir um estado de fadiga que levará inevitavelmente a um aumento da oscilação corporal (Freitas and Duarte 2006). De forma geral recomenda-se que cerca de três repetições sejam avaliadas (Haas and Whitmarsh 1998; Corriveau, Hébert et al. 2001; Freitas and Duarte 2006).

A duração das tentativas é variável e também depende do tipo de tarefa avaliada. Um tempo de aquisição muito curto na postura erecta quieta, como menos de 60 segundos, pode levar a conclusões erradas, devido à grande variabilidade e não estacionariedade do sinal CoP (Carpenter, Frank et al. 2001; Freitas and Duarte 2006). Por outro lado, um período de tempo superior a um minuto poderá ser demasiado longo permanecer na posição bipodal para as idades dos sujeitos avaliados.

Embora alguns autores reforcem a importância de padronização da posição dos pés (Chiari, Cappello et al. 2000), contudo, ao padronizar a

posição dos pés, esquecemos as características individuais de cada sujeito, promovendo a adoção de ajustes posturais diferentes, causados pela nova posição dos pés, por isso, solicitar ao avaliado para adotar uma posição confortável é uma boa opção, desde que o avaliador se assegure que a posição dos pés não ultrapassa a largura dos ombros Freitas & Duarte (2006).

Durante a avaliação é colocada à altura dos olhos do sujeito avaliado a uma distância horizontal padronizada uma referência colocada na parede e solicitar ao sujeito avaliado que a visualize por considerar que a estabilidade postural é influenciada pela distância entre os olhos e o campo visual Freitas & Duarte (2006). Freitas et. al. (2006), referem a importância de controlar as condições ambientais, porque a iluminação e ruídos sonoros, bem como outras características, interferem na avaliação do controle postural.

### **1.3.2 Análise não linear do CoP**

De acordo com Godoy (Godoy 2003) o ser humano, comporta-se como um sistema dinâmico complexo não linear e considerando o sistema de controle postural como sistema não linear dinâmico determinístico. Partindo deste princípio as técnicas no domínio da teoria do Caos poderão mostra-se superiores às que se limitam aos domínios do espaço e da frequência.

De acordo com David (David, Bennett et al. 2006) a utilização de ferramentas e conceitos contidos na teoria do caos e dinâmicas não lineares, trás ganhos à investigação no âmbito da variabilidade em diferentes níveis do sistema de análise do sistema de comportamento do movimento.

Estas considerações demonstram a necessidade de aplicar medidas sobre a qualidade do centro de pressão. Medidas como o expoente de Lyapunov (eLy), a entropia aproximada (EnAp), e a auto-correlação (AuCo) utilizando séries diferentes da mesma série i.e, a série original ser correlacionada com a mesma série mas utilizando desfasamentos que poderão ir até 30 valores, são promissoras formas analíticas de estudar a série temporal oferecendo informação sobre a qualidade intrínseca do comportamento do CoP



(Stergiou 2004). A EnAp , o eLy e a AuCo, são ferramentas que derivam da teoria do Caos e da Teoria da Informação (Deffeyes, Harbourne et al. 2009).

A EnAp é um conceito derivado da teoria de Informação de Shannon (1916-2001). A teoria de informação tem como objectivo de medir a perda de informação na compressão e na transmissão de mensagens com ruído no canal de transmissão. Numa série temporal, a EnAp é uma técnica que mede a complexidade do sistema, contando o número de vezes que um determinado padrão se repete ao longo da série temporal (Pincus 1991; Pincus 1995; Pincus and Singer 1996; Pincus 2001). Nas ciências médicas, situações de doença estão associadas a menor regularidade, ao contrário uma maior irregularidade da série temporal é característica de maior complexidade do sistema e normalmente associada à saúde (Pincus 1991) .

O eLy avalia a instabilidade do sistema e é bastante influenciada pelas condições iniciais do sistema (Dingwell and Cusumano 2000). Através do eLy é possível identificar se a série temporal é mais determinista ou mais caótica. Dingwell, apresenta um conceito interessante de estabilidade local (Dingwell and Cusumano 2000), como medida da sensibilidade do sistema a perturbações internas, incluindo neste caso as oscilações durante a postura erecta bípede apresenta o eLy como ferramenta para estimar directamente a estabilidade local.

A AuCo (correlação cruzada entre a mesma série temporal) é outra maneira de medir as similaridades temporais entre duas séries. A autocorrelação de uma dada variável define-se pela distância (lag-k), com que se deseja medir essa relação. Quando a distância (k) é zero, o valor da correlação é máximo i.e, igual a 1. A AuCo de uma série aleatória para diferentes k's é aproximadamente igual a zero, para uma série periódica os valores são próximos de um para diferentes k's. Nos trabalhos realizados calculou-se as correlações da série temporal para intervalo de  $k=[1:30]$ . A AuCo é a medida de dependência de pontos vizinhos da série temporal, quanto maior for o valor maior é a regularidade, ou seja, menor caoticidade.

No âmbito deste trabalho serão abordadas três medidas que avaliam o grau de complexidade caoticidade e regularidade das oscilações corporais: a **EnAp** o **eLy** e a **AuCor**.

## 2. Objetivos

---

## **2.1 Objectivo Geral**

Após uma revisão do estado da arte e da importância da postura nas actividades desportivas, principalmente com jovens, este estudo procurou reflectir sobre as questões relacionadas com o controlo postural de jovens de diferentes modalidades.

O objectivo geral foi o de comparar os parâmetros não lineares a partir das oscilações do centro de pressão de jovens praticantes com idades compreendidas entre os 10 anos e os 15 anos, de diferentes modalidades.

Pretende-se assim perceber a tendência revelada utilizando métodos não lineares, do comportamento do CoP através dos parâmetros: Expoente de Lyaponov (LyE), Entropia Aproximada (ApEn), e Auto-correlação ( AuCo) , de jovens praticantes com idades compreendidas entre os 10 anos e os 15 anos, de diferentes modalidades, contribuindo para melhor compreender e caracterizar o sistema de controlo, da postural motor em geral, e a sua capacidade de adaptabilidade, nos desafios colocados pela prática da actividade desportiva.

## **2.2 Variáveis de Estudo**

### **2.2.1 Variáveis independentes**

As variáveis independentes são as modalidades escolhidas para este estudo (Basquetebol; Hóquei em Patins; Rugby; Voleibol e Natação).

### **2.2.2 Variáveis dependentes**

As variáveis dependentes são os diferentes parâmetros não lineares escolhidos para a caracterização do comportamento nas diferentes componentes antero-posterior – (AP) e médio-lateral (ML), sendo no total seis variáveis.

### 3. Metodologia

---

### 3.1 Desenho do Estudo

Este é um estudo do tipo descritivo onde se pretende estimar o comportamento de parâmetros de Controlo Postural, através da análise das oscilações do CoP, utilizando parâmetros de análise não lineares.

Pretende-se dar um passo importante na investigação, criando uma fotografia da situação, de onde poderão surgir novas hipóteses e recomendações a serem consideradas em estudos futuros sobre esta temática.

### 3.2 Amostra

A amostra foi obtida através de um processo de amostragem aleatório por grupos. A recolha dos dados realizou-se num total de 45 atletas saudáveis entre os 10 e os 15 anos de idade, masculinos e femininos, de cinco modalidades diferentes (Basquetebol, Hóquei em Patins, Rugby, Natação e Voleibol). As recolhas foram efectuadas em Estremoz, Évora e Lisboa. Como critério de inclusão os sujeitos teriam que praticar a modalidade há pelo menos seis meses.

Os atletas seleccionados e os seus treinadores tiveram conhecimento prévio dos procedimentos do estudo e autorizaram a sua participação através da assinatura do consentimento informado (Anexo I).

O número total de participantes neste estudo foi de quarenta e cinco atletas (masculinos) com a idade compreendida entre os dez e os quinze anos ( $M=13,21 \pm 2,12$ ), altura ( $162,3 \pm 10,3$  cm), peso ( $524,3 \pm 120$  N). Nove atletas de cinco modalidades diferentes (Hóquei em Patins, Basquetebol, Rugby, Natação e Voleibol).

Quanto ao número de treinos por semana eles variaram nas diferentes modalidades entre os dois treinos semanais e os quatro treinos semanais no caso da natação e do basquetebol.

Os atletas encontravam-se num nível de competição organizadas pelas Associações Regionais das diferentes modalidades em estudo.

No quadro 1 está representado um resumo da caracterização da amostra (Média  $\pm$  DP) quanto à idade, altura e peso.

**Quadro 1- Caracterização da amostra quanto à idade, altura e peso (Média  $\pm$  DP)**

N (45)	Media (M)	Desvio Padrão	
Idade (anos)	13,21	$\pm$	2,12
Peso (N)	524,3	$\pm$	120
Altura (cm)	162,3	$\pm$	10,3

Aos participantes deste estudo foi solicitada, a leitura e assinatura, do responsável pelos treinadores ou encarregado de educação, o Termo de Consentimento Livre e Informado consoante o Apêndice 1, elaborado de acordo com as recomendações da “Declaração de Helsínquia”, da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset Mest 1996 e Edimburg 2000; Washington 2002; Tokyo 2004; Seoul, 2008).

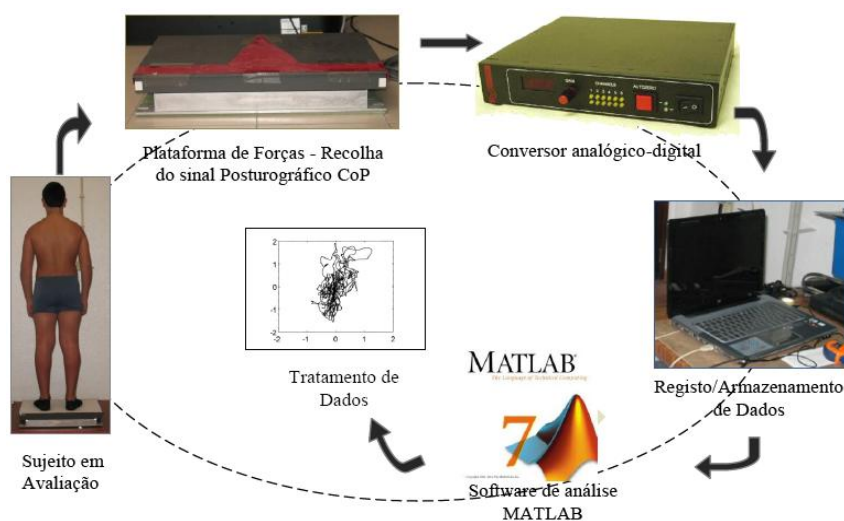
### 3.3 Procedimentos

#### 3.3.1 Medição do Peso e Altura

A recolha de dados foi realizada nos meses de Fevereiro de 2009 e Maio de 2010, antes de cada sessão de treino tendo preocupação de não alterar os aspectos organizativos do treino. As recolhas foram realizadas nos locais em que decorreram os treinos, evitando assim deslocações dos atletas, e foram realizados por três investigadores com treino nos procedimentos de recolha para manter as mesmas condições de realização dos testes e de recolhas, bem como alterações às suas rotinas diárias.

Em todas as recolhas foram criadas condições ambientais para a realização do estudo.

Relativamente à recolha dos dados (figura 2) foi utilizada uma plataforma de forças (*BERTEC, modelo-4060-10*), que um conversor analógico-digital (*AM6800*); para registo e armazenamento de dados utilizou-se um laptop (*TOSHIBA-Satellite A100-376-modelo PSAARE-03501 CPT*); e para o tratamento dos dados o software MATLAB® (*versão 7.4.0(R2007a - The MathWorks, Inc., Natick, MA, USA)*).



**Figura 2 – Descrição esquemática do material utilizado no sistema de aquisição e processamento dos dados (adaptado de Cunha 2010).**

### 3.3.2 Aquisição dos Centros de Pressão (CoP)

A recolha das posições dos centros de pressão nos eixos AP e ML foi efectuada através da plataforma de forças BERTEC CORPORATION, referenciada anteriormente.

Para o armazenamento da informação foi utilizado um computador portátil Asus UL30A Processador SU7300 com o sistema operativo XP e Software ACQ Digital Acquire 1.4.7.

De forma a garantir a correcta aquisição e uniformizar o protocolo, foram tomadas algumas precauções.

Foi realizado uma prova experimental que consistiu na posição bípede estática com os olhos abertos (BOA). Posteriormente foram realizados dois testes na condição de olhos abertos (BOA) e dois na condição de olhos fechados (BOF), e dois testes na posição unipodal esquerdo (UPE) e unipodal direito (UPD). O número de repetições foi decidido com base na recomendação de vários autores, que referem que se deve avaliar cerca de três repetições (Haas and Whitmarsh 1998; Corriveau, Hébert et al. 2001; Freitas and Duarte 2006), contudo, de acordo com os mesmos autores, e de forma a evitar a fadiga, no segundo teste, apenas se realizaram 2 repetições.

Cada teste teve uma duração de precisamente 60 segundos, iniciada no momento em que o sujeito se apresentava numa posição aparentemente estática e terminando na interrupção da captura de dados da plataforma. A duração do teste está de acordo com as recomendações de Lafond, et al. (2004), tendo em linha de conta a amostra em estudo. Testes de maior duração poderiam induzir fadiga nos sujeitos, causando assim um aumento da oscilação corporal (Duarte and de Freitas 2010). Entre cada uma das recolhas realizou-se um breve intervalo de 60 segundos.

Foi solicitado aos sujeitos que visualizassem uma referência circular com 5 cm de diâmetro colocada na frente da plataforma de forças à altura dos olhos dos participantes. A distância horizontal entre a plataforma e a referência visual foi de 1,5 metros, ficando assim padronizada para todos os indivíduos. Esta padronização está de acordo com Freitas & Duarte (2006) que refere que esta distância deverá ser conhecida.

Para garantir as mesmas condições ambientais, a sala onde decorreram os testes manteve sempre o mesmo nível de luminosidade artificial e todas as portas e persianas estiveram fechadas durante os testes de forma a eliminar os ruídos sonoros.



### 3.3.3 Parâmetros Não Lineares

Para o cálculo da ApEn e da AuCo foram utilizadas rotinas em MATLAB criadas ou adaptadas (Fernandes, 2011).

Para o cálculo do LyE foi utilizado a rotina desenvolvida por Mohammadi (2011). Neste software foram considerados os seguintes parâmetros apresentados por defeito: “*Embed dimensions*”: 3, “*# Steps*”: 3 e “*Accuracy*” de  $10^{-4}$  de acordo com Stergiou (2001).

## 3.4 Recolha de dados

### 3.4.1 Procedimentos de recolha

Os sujeitos foram pesados descalços e em calções, foi-lhes pedido que colocassem os pés no centro da plataforma, ligeiramente afastados um do outro, e olhando em frente para um ponto marcado à altura dos seus olhos, (figura 3)

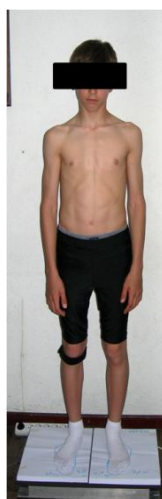


Figura 3 – Posição assumida pelos jogadores para a recolha do peso

A medição da estatura foi realizada com um estadiómetro montado em ângulo recto com o chão e apoiado na parede, pedindo-se aos sujeitos para se colocarem na posição correcta para a medição. A altura foi registada em centímetros, arredondada até ao último milímetro.

Em todos os momentos em que se procedeu a recolha de dados, foi colocada à superfície da plataforma uma folha de papel branca, de dimensões da plataforma onde foi desenhado o contorno dos pés e efectuado o registo da posição dos maleolos esquerdo e direito. Sob a plataforma foi colocada em um tapete de borracha com altura de 5 mm, para absorver possíveis vibrações exteriores. A plataforma foi ligada uma hora antes das recolhas para garantir iguais condições de deformação dos sensores (extensómetros).

Para avaliação dos parâmetros da postura foi pedido aos sujeitos que permanecesse durante 60 segundos, sobre a plataforma de forças em posição erecta o mais estático possível, de olhos abertos (BOA), de olhos fechados (BOF), e em posição unipedal – apoio direito (UpD) e unipedal – apoio esquerdo (UpE), todos os testes foram realizadas duas repetições (Corriveau 2001).

Relativamente à posição dos pés, foi pedido aos participantes que procurassem a posição mais confortável, registando os contornos em papel, da posição dos pés de cada atleta garantindo assim a mesma posição dos pés em todas as repetições realizadas.

### 3.4.2 Procedimentos de cálculo

O software da plataforma *Bertec*, acima mencionada avalia o centro de pressão (CoP) nas direcções ântero-posterior (AP), médio-lateral (ML) de forma automática. A posição assumida pelos participantes sob a plataforma de forças durante a recolha, permite afirmar que as oscilações médio-laterais são representadas pelas coordenadas  $CoP_y$  e as oscilações antero-posterior pelas coordenadas  $CoP_x$ .

O cálculo do eLy foi realizado através de uma rotina e a sua definição analítica é de elevada complexidade matemática e está fora do âmbito deste trabalho. Os valores da EnAp e da AuCo foram obtidos através de rotinas desenvolvidas em MatLab a partir dos trabalhos desenvolvidos por (Stergiou and Scott 2005), e do mesmo modo a sua explicação analítica está fora do âmbito deste trabalho. Para preparação das séries temporais das diferentes componentes (CoPx e CoPy) foi necessário proceder à preparação dos registos para aplicação dos parâmetros não lineares.

### 3.5 Análise Estatística

Para o tratamento estatístico foi utilizado o PASW STATISTICS (versão 18.0 de 30 Julho, 2009).

Os dados estatísticos obtidos nas duas repetições em cada condição experimental, foram utilizados para estimar um valor para cada teste; constituindo este o valor da variável dependente. Para avaliar se a modalidade praticada pelos sujeitos produziria diferenças significativas no comportamento de controlo postural recorreu-se ao teste T de *student* (t-test para amostras emparelhadas).

O pressuposto da distribuição normal das variáveis dependentes nos diferentes níveis do factor *Modalidade* foi avaliado pelo teste *Shapiro-Wilk*, em amostras de pequena dimensão ( $n < 30$ ).

## **4. Apresentação de Resultados**

---

## Apresentação de Resultados

Os resultados obtidos serão apresentados neste capítulo, primeiramente de uma forma global.

### 4.1 Componente Antero-Posterior

Numa leitura inicial do quadro 3 é possível verificar para a componente antero-posterior a mesma tendência nos diferentes parâmetros não lineares estudados, ou seja, os valores médios obtidos pelos diferentes participantes das diferentes modalidades é superior nos testes realizados na postura unipodal. Os valores obtidos para os diferentes parâmetros encontram-se dentro dos valores esperados para o tipo de comportamento do CoP (Stergiou, 2004)

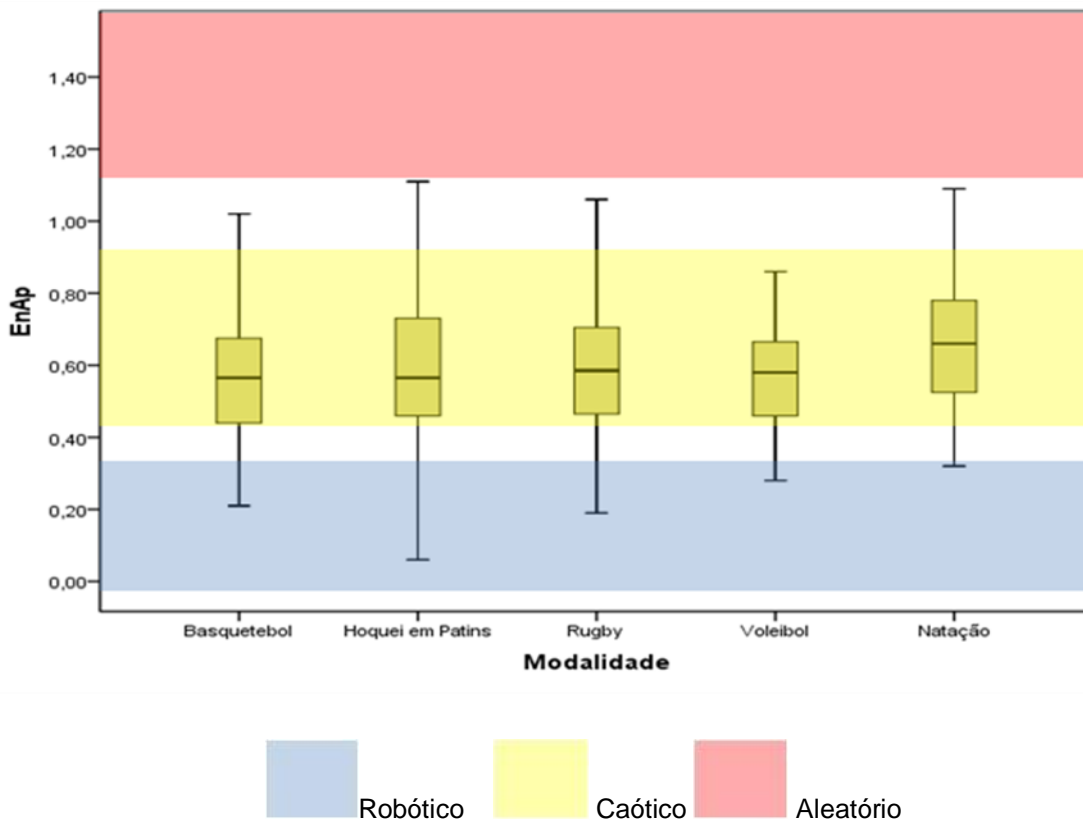
**Quadro 2 – Valores referencias para os diferentes parâmetros**

	Robótico	Caótico	Aleatório
EnAp	0,169	0,449	1,663
eLy	0	0,1	0,4
Memória			
	curta	Longa	
AuCor	0,99 - 0,75	>0,34	

**Quadro 3 – Estatística descritiva dos resultados obtidos nas diferentes modalidades e testes relativos às oscilações na componente Antero-posterior**

Teste	Parâmetro não linear	Basquetebol		Hoquei em Patins		Rugby		Voleibol		Natação	
		Média ± dp	EP	Média ± dp	EP	Média ± dp	EP	Média ± dp	EP	Média ± dp	EP
BOA_AP	EnAp - Entropia Aproximada (Complexidade)	,350 ± ,186	,044	,387 ± ,173	,041	,316 ± ,144	,034	,346 ± ,150	,035	,394 ± ,136	,032
	eLy - Expoente de Lyapunov (Caoticidade)	,291 ± ,122	,029	,318 ± ,142	,034	,275 ± ,111	,026	,327 ± ,080	,019	,335 ± ,092	,022
	AuCorr - Auto Correlação (Memória do sistema)	,358 ± ,109	,026	,421 ± ,122	,029	,457 ± ,109	,026	,462 ± ,071	,017	,441 ± ,120	,028
BOF_AP	EnAp - Entropia Aproximada (Complexidade)	,451 ± ,115	,027	,437 ± ,101	,024	,405 ± ,104	,024	,421 ± ,093	,022	,416 ± ,123	,029
	eLy - Expoente de Lyapunov (Caoticidade)	,148 ± ,051	,012	,173 ± ,070	,016	,147 ± ,052	,012	,150 ± ,059	,014	,181 ± ,054	,013
	AuCorr - Auto Correlação (Memória do sistema)	,152 ± ,038	,009	,160 ± ,046	,011	,144 ± ,050	,012	,162 ± ,030	,007	,170 ± ,035	,008
UPDio_AP	EnAp - Entropia Aproximada (Complexidade)	,180 ± ,039	,009	,213 ± ,050	,012	,227 ± ,046	,011	,229 ± ,033	,008	,212 ± ,072	,017
	eLy - Expoente de Lyapunov (Caoticidade)	,222 ± ,051	,012	,220 ± ,038	,009	,200 ± ,065	,015	,219 ± ,040	,009	,207 ± ,050	,012
	AuCorr - Auto Correlação (Memória do sistema)	,391 ± ,160	,038	,452 ± ,179	,042	,505 ± ,189	,045	,455 ± ,177	,042	,547 ± ,241	,057
UPEsq_AP	EnAp - Entropia Aproximada (Complexidade)	,459 ± ,134	,032	,557 ± ,254	,060	,561 ± ,242	,057	,504 ± ,140	,033	,575 ± ,253	,060
	eLy - Expoente de Lyapunov (Caoticidade)	,588 ± ,184	,043	,672 ± ,198	,047	,738 ± ,156	,037	,696 ± ,204	,048	,709 ± ,253	,060
	AuCorr - Auto Correlação (Memória do sistema)	,733 ± ,225	,053	,690 ± ,180	,042	,648 ± ,273	,064	,571 ± ,180	,042	,608 ± ,242	,057

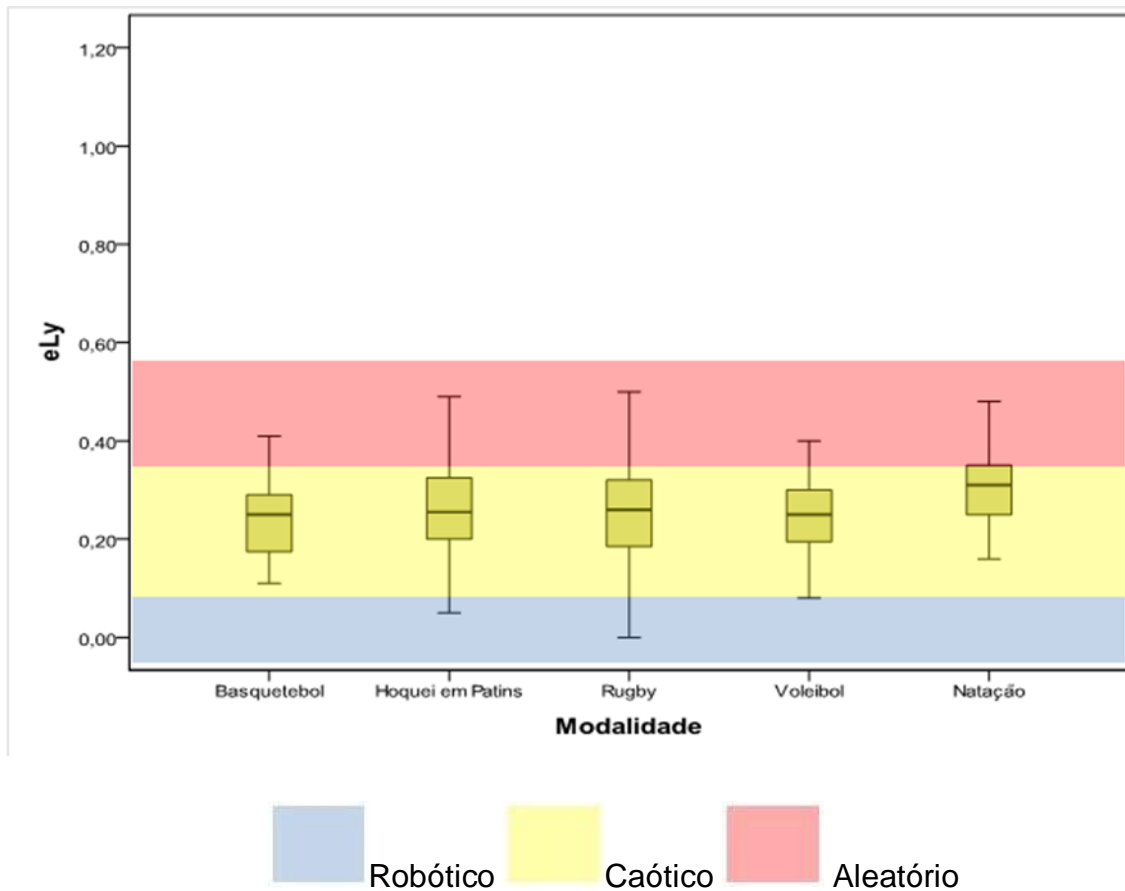
dp - desvio padrão; EP - Erro Padrão medida; BOA-BOF-UPDt<sup>9</sup>-UPEsq. - Testes realizados; AP - componente Antero Posterior; ML - Componente Médio Lateral



**Grafico 1-resultados da EnAp para a componente Antero- posterior**

Relativamente aos valores da análise comparativa realizada, são muito poucas as situações onde é possível identificar diferenças significativas entre modalidades. As diferenças encontradas para a EnAp foram no UpD entre o Basquetebol e o Rugby ( $t=-3,592; p=0,002$ ), entre o Basquetebol e o Voleibol ( $t=-4,335; p<0,001$ ) e entre o Basquetebol e a Natação ( $t=-2,302; p=0,34$ ), não encontrando neste parâmetros que avalia a regularidade da série temporal ou a complexidade do sistema, mais diferenças significativas entre os resultados obtidos pelos diferentes executantes das diferentes modalidades.

Para o parâmetro  $eLy$  que informa sobre o tipo de comportamento assumido durante o controlo, mais determinista ou mais aleatório, foi possível encontrar diferenças também no teste unipodal direito (UpD) entre o Basquetebol e o Rugby ( $t=-4,203; p=0,001$ ) e ainda entre o Basquetebol e o Voleibol ( $t=-5,103; p<0,001$ ).



**Grafico 2 - Resultados do expoente de Lyapunov para a componente Antero- posterior**

Para o parâmetro Auto-Correlação (AuCo), que traduz uma maior ou menor regularidade da série temporal, i.e., se o sistema necessita de uma informação recente para proceder ao controlo (memória de curta duração) ou não necessita de recorrer a posições mais recentes para se reorganizar (memória de longa duração), somente observado diferenças significativas entre o Basquetebol e o Rugby ( $t=-3,017; p=0,008$ ), no teste UPD, e diferenças no teste (UpE) entre o Basquetebol e o Voleibol ( $t=2,909; p=0,10$ ).

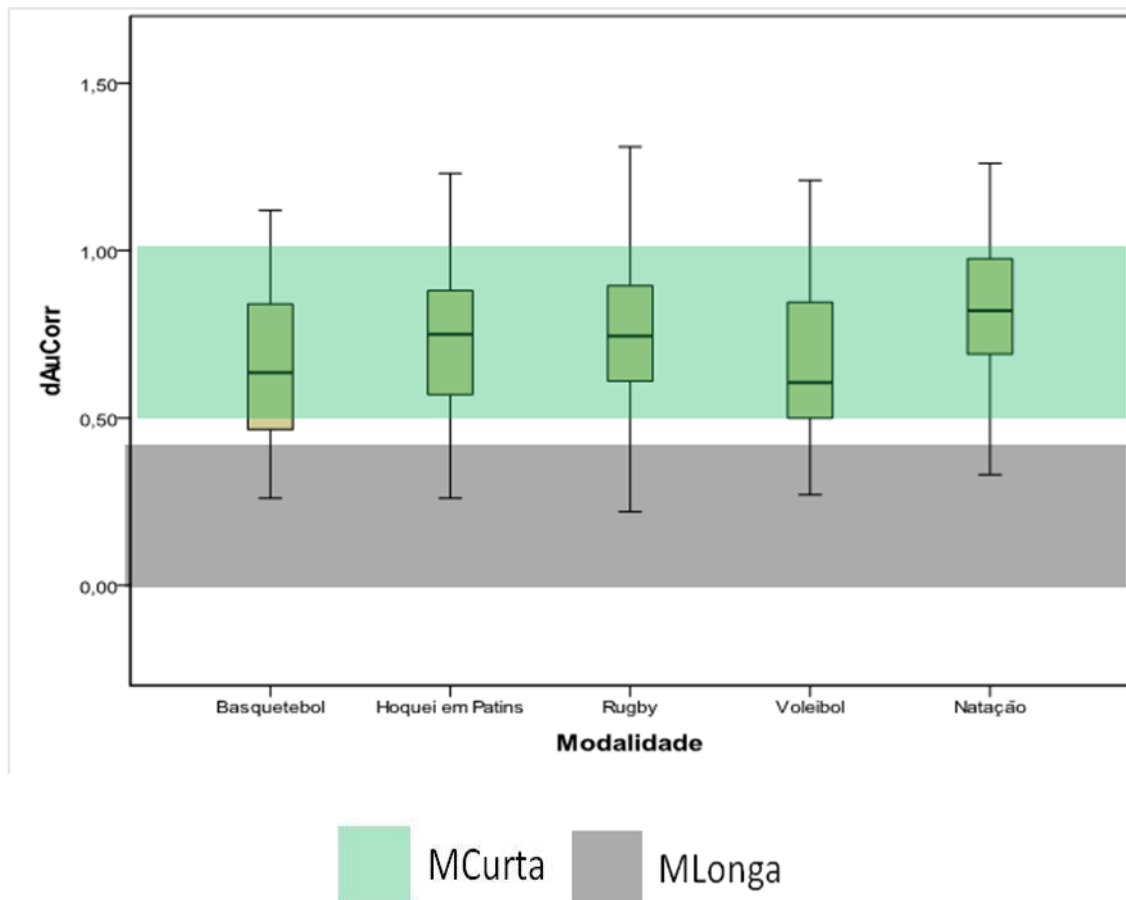


Grafico 3 -resultados da AutoCorrelação para a componente Antero- posterior



# Apresentação de Resultados

**Quadro 4 – Resultados da comparação realizada entre modalidades nos diferentes parâmetros não lineares na componente antero-posterior.**

Componente Antero Posterior - AP			Bípede Olhos Abertos		Bípede Olhos Fechados		Uni-Podal Dtº.		Uni-Podal Esq.	
			t	Sig.	t	Sig.	t	Sig.	t	Sig.
Entropia Aproximada (Complexidade)	Basquetebol	vs. Hoquei em Patins	-,818	,425	-,593	,561	-1,688	,110	,386	,704
	Basquetebol	vs. Rugby	,878	,392	,436	,668	-3,592	,002 *	1,768	,095
	Basquetebol	vs. Voleibol	,075	,941	-1,158	,263	-4,335	,000 *	,837	,414
	Basquetebol	vs. Natação	-,854	,405	-1,343	,197	-2,302	,034 *	,779	,447
	Hoquei em Patins	vs. Rugby	1,266	,222	,856	,404	-,983	,339	,779	,447
	Hoquei em Patins	vs. Voleibol	,679	,506	-,212	,835	-1,195	,248	,418	,681
	Hoquei em Patins	vs. Natação	-,108	,915	-,485	,634	-,474	,642	,478	,639
	Rugby	vs. Voleibol	-,548	,591	-1,634	,121	-,206	,840	-,484	,635
	Rugby	vs. Natação	-1,856	,081	-1,719	,104	,497	,626	-,350	,731
	Voleibol	vs. Natação	-1,002	,330	-,245	,809	,713	,486	,126	,901
Expoente de Lyapunov (Caoticidade)	Basquetebol	vs. Hoquei em Patins	-1,759	,097	-,546	,592	-2,095	,051	,133	,895
	Basquetebol	vs. Rugby	,097	,924	,560	,583	-4,203	,001 *	1,396	,181
	Basquetebol	vs. Voleibol	-,100	,921	-,792	,439	-5,103	,000 *	,197	,846
	Basquetebol	vs. Natação	-1,885	,077	-2,014	,060	-1,574	,134	,828	,419
	Hoquei em Patins	vs. Rugby	1,201	,246	,830	,418	-,963	,349	1,035	,315
	Hoquei em Patins	vs. Voleibol	,935	,363	-,137	,892	-1,066	,301	,073	,942
	Hoquei em Patins	vs. Natação	-,347	,733	-,800	,435	,036	,972	,825	,421
	Rugby	vs. Voleibol	-,225	,369	-1,205	,245	-,110	,913	-1,120	,278
	Rugby	vs. Natação	,045	,860	-1,878	,078	,845	,410	-,439	,666
	Voleibol	vs. Natação	,153	,546	-,647	,527	,829	,418	,828	,419
Auto Correlação (Memória do Sistema)	Basquetebol	vs. Hoquei em Patins	-1,498	,153	-1,417	,174	-1,348	,195	,722	,480
	Basquetebol	vs. Rugby	-1,899	,075	-1,751	,098	-3,017	,008 *	1,119	,279
	Basquetebol	vs. Voleibol	-1,163	,261	-,957	,352	-1,940	,069	2,909	,010 *
	Basquetebol	vs. Natação	-2,061	,055	-1,640	,119	-1,559	,137	1,510	,149
	Hoquei em Patins	vs. Rugby	-,868	,397	-,044	,966	-1,110	,283	,487	,632
	Hoquei em Patins	vs. Voleibol	-,058	,954	,788	,441	-,354	,728	2,037	,058
	Hoquei em Patins	vs. Natação	-1,225	,237	-,257	,800	-,478	,639	1,222	,238
	Rugby	vs. Voleibol	,706	,490	,803	,433	,749	,464	1,192	,250
	Rugby	vs. Natação	-1,430	,171	-,147	,885	,443	,663	,389	,702
	Voleibol	vs. Natação	,116	,646	-1,037	,314	-2,30	,821	-,506	,619

\* -  $p < 0,05$

## 4.2 Componente Médio-Lateral

Numa leitura inicial do quadro 5 é possível verificar para a componente médio-lateral (ML) , a mesma tendência nos diferentes parâmetros não lineares estudados, ou seja, os valores médios obtidos pelos diferentes participantes das diferentes modalidades é semelhante nos testes na postura bípede e unipodal.

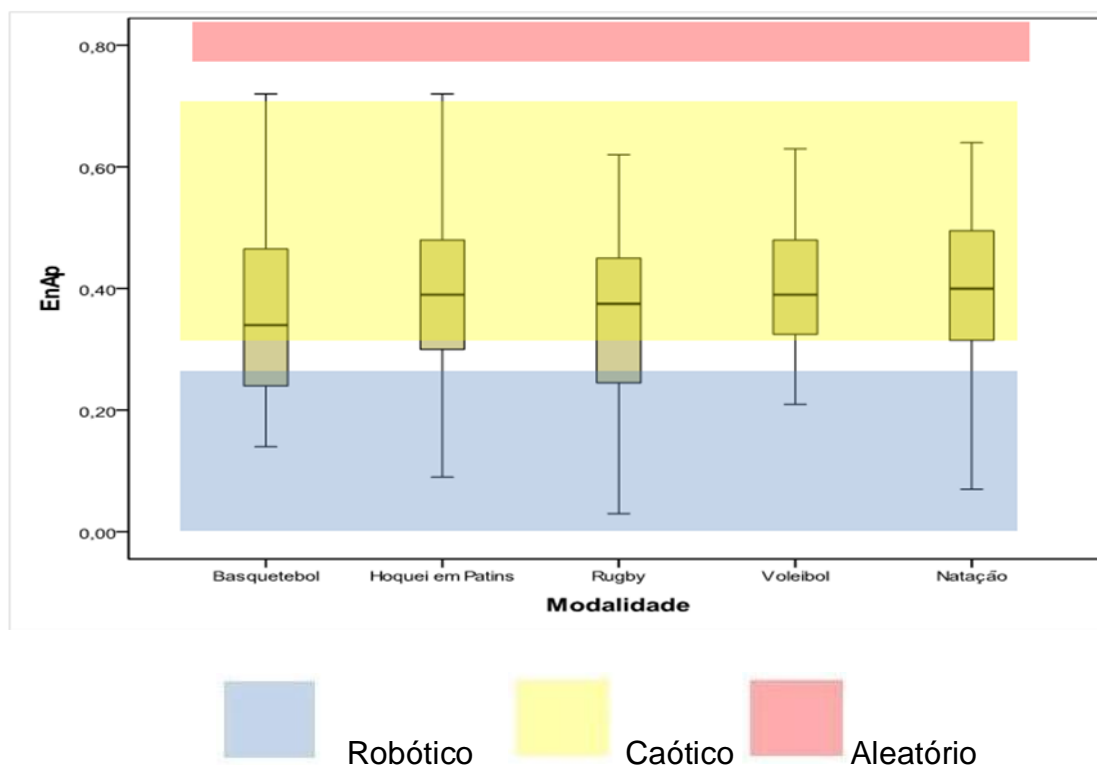
# Apresentação de Resultados

**Quadro 5 - Estatística descritiva dos resultados obtidos nas diferentes modalidades e testes relativos às oscilações na componente Médio-Lateral**

Teste	Parâmetro não linear	Basquetebol		Hoquei em Patins		Rugby		Voleibol		Natação	
		Média ± dp	EPM	Média ± dp	EPM	Média ± dp	EPM	Média ± dp	EPM	Média ± dp	EPM
BOA_ML	<b>EnAp - Entropia Aproximada (Complexidade)</b>	,663 ± ,236	,056	,687 ± ,279	,066	,613 ± ,314	,074	,594 ± ,355	,084	,696 ± ,327	,077
	<b>eLy - Expoente de Lyapunov (Caoticidade)</b>	,229 ± ,074	,017	,270 ± ,114	,027	,241 ± ,149	,035	,286 ± ,292	,069	,295 ± ,131	,031
	<b>AuCorr - Auto Correlação (Memória do sistema)</b>	,513 ± ,244	,057	,680 ± ,189	,045	,746 ± ,244	,057	,584 ± ,308	,073	,835 ± ,224	,053
BOF_ML	<b>EnAp - Entropia Aproximada (Complexidade)</b>	,567 ± ,215	,051	,629 ± ,328	,077	,550 ± ,290	,068	,650 ± ,295	,070	,723 ± ,236	,056
	<b>eLy - Expoente de Lyapunov (Caoticidade)</b>	,227 ± ,096	,023	,247 ± ,121	,028	,214 ± ,120	,028	,277 ± ,189	,044	,293 ± ,101	,024
	<b>AuCorr - Auto Correlação (Memória do sistema)</b>	,679 ± ,268	,063	,746 ± ,309	,073	,723 ± ,258	,061	,597 ± ,219	,052	,810 ± ,220	,052
UPDt <sup>o</sup> _ML	<b>EnAp - Entropia Aproximada (Complexidade)</b>	,542 ± ,143	,034	,537 ± ,188	,044	,559 ± ,130	,031	,551 ± ,092	,022	,590 ± ,109	,026
	<b>eLy - Expoente de Lyapunov (Caoticidade)</b>	,244 ± ,055	,013	,271 ± ,078	,018	,278 ± ,065	,015	,275 ± ,043	,010	,288 ± ,085	,020
	<b>AuCorr - Auto Correlação (Memória do sistema)</b>	,703 ± ,212	,050	,750 ± ,215	,051	,787 ± ,178	,042	,762 ± ,223	,052	,758 ± ,250	,059
UPEsq_ML	<b>EnAp - Entropia Aproximada (Complexidade)</b>	,530 ± ,133	,039	,503 ± ,176	,041	,569 ± ,151	,036	,547 ± ,126	,030	,622 ± ,166	,039
	<b>eLy - Expoente de Lyapunov (Caoticidade)</b>	,255 ± ,072	,017	,250 ± ,068	,016	,281 ± ,100	,024	,277 ± ,064	,015	,310 ± ,074	,017
	<b>AuCorr - Auto Correlação (Memória do sistema)</b>	,775 ± ,179	,042	,794 ± ,242	,057	,765 ± ,281	,066	,687 ± ,192	,045	,878 ± ,229	,054

dp - desvio padrão; EP - Erro Padrão medida; BOA-BOF-UPDt<sup>o</sup>-UPEsq. - Testes realizados; AP - componente Antero Posterior; ML - Componente Médio Lateral

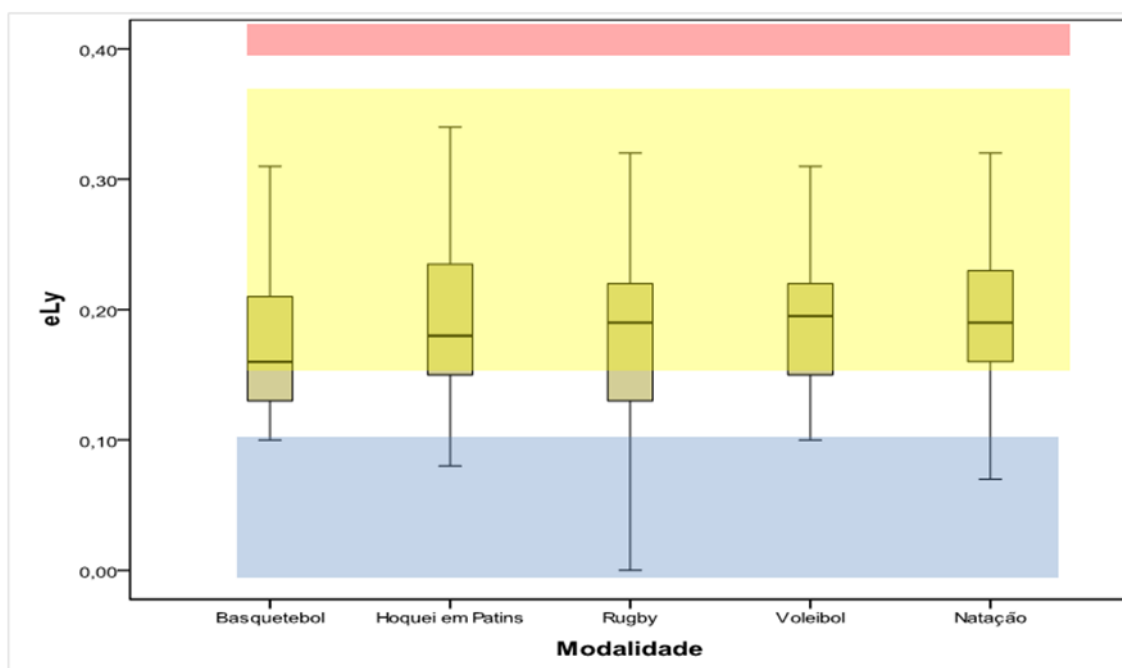
De acordo com os valores da análise comparativa realizada, são em maior número as situações onde é possível identificar diferenças significativas entre modalidades. As diferenças encontradas para a EnAp aconteceram somente entre o Basquetebol e a Natação ( $t=-2.308$ ;  $p=0,34$ ) e no teste da postura bípede de olhos fechados.



**Grafico 4 -resultados da Entropia Aproximada para a componente Médio-Lateral.**

## Apresentação de Resultados

Para o parâmetro eLy foi possível identificar mais modalidades em que alguns testes apresentam diferenças significativas. é o caso do teste unipodal para ao lado direito ( $t=-2,124$ ;  $p=0,49$ ) entre as modalidades de Basquetebol e Hóquei em Patins. Ainda relativamente ao parâmetro eLy ,foi possível verificar mais diferenças significativas desta vez nos testes na posição bípede olhos abertos (BOA) ( $t=2,204$ ;  $p=0,42$ ) e de olhos fechados (BOF) ( $t=-2,161$ ;  $p=0,045$ ) e no teste unipodal esquerdo-UPE ( $t=-2,563$ ;  $p=0,20$ ), entre o Basquetebol e a Natação, entre o Rugby e a Natação no teste na posição bípede de olhos fechados-BOF ( $t=-2,562$ ;  $p=0,20$ ) e ainda entre o Hoquei em Patins e Natação ( $t=-2,272$ ;  $p=0,36$ ).

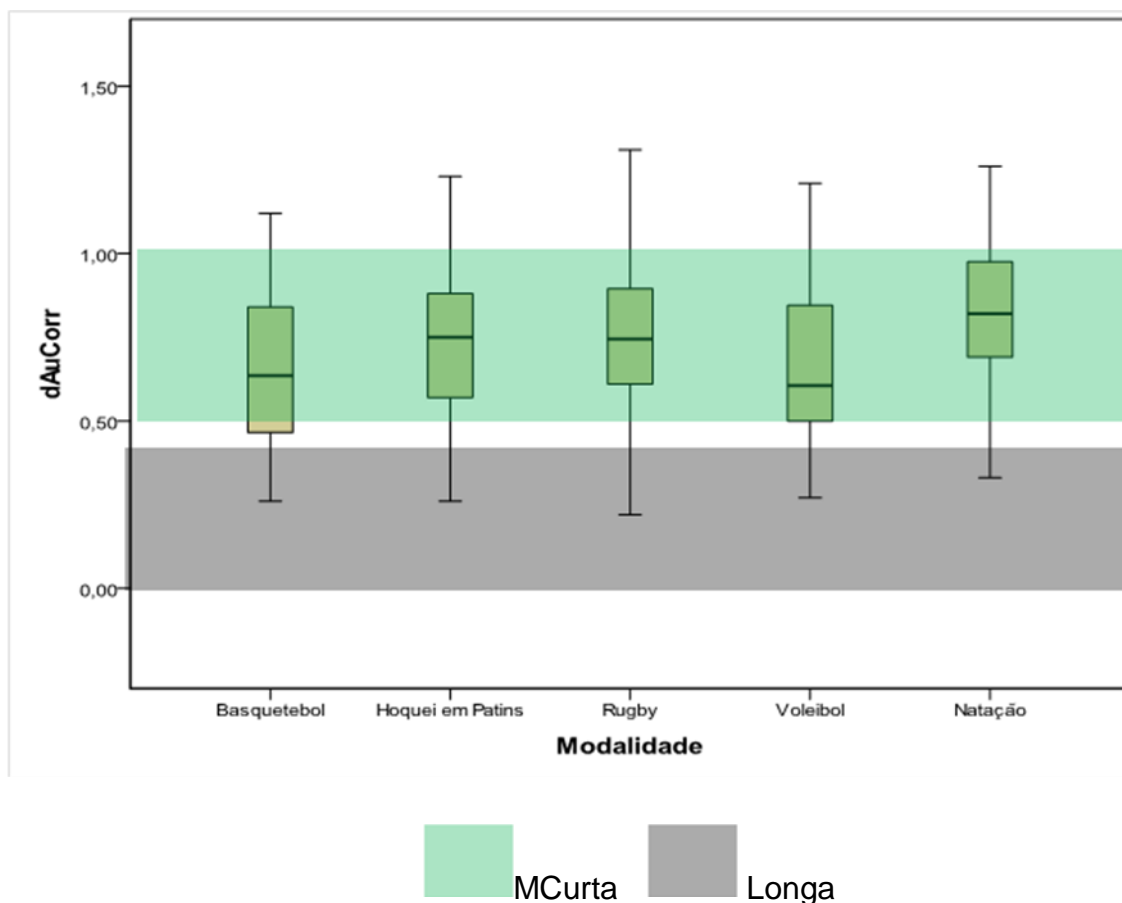


**Grafico 5 -resultados do Expoente Lyaponov para a componente Médio-Lateral.**

Para o parâmetro Autocorrelação(AuCor), o teste onde foi possível encontrar mais diferenças foi no teste bípede olhos abertos( BOA) entre as modalidades de Basquetebol e Hoquei em patins ( $t=-2,641$ ;  $p=0,017$ ), Basquetebol e Rugby ( $t=-2,789$ ;  $p=0,013$ ) entre o Basquetebol e Natação ( $t=-3,840$ ;  $p=0,001$ ) e entre as modalidades do Hóquei em Patins e Natação

## Apresentação de Resultados

( $t=-2,117$ ;  $p=0,49$ ), entre as modalidades de Voleibol e Natação uma diferença significativa no teste bípede de olhos fechados( BOF) ( $t=-3,497$ ;  $p=0,003$ ), também foi possível identificar diferenças significativas entre as modalidades de Voleibol e Natação ( $t=-3,497$ ;  $p=0,03$ ) quadro 6.



**Grafico 6--resultados da AutoCorrelação para a componente Médio-Lateral.**

**Quadro 6 - Resultados da comparação realizada entre modalidades nos diferentes parâmetros não lineares na componente antero-posterior**

Componente Médio Lateral - ML			Olhos Abertos		Olhos Fechados		Uni-Podal Dt.		Uni-Podal Esq.	
			t	Sig.	t	Sig.	t	Sig.	t	Sig.
Entropia Aproximada (Complexidade)	Basquetebol	vs. Hoquei em Patins	-,347	,733	-,740	,470	,077	,939	,424	,677
	Basquetebol	vs. Rugby	,618	,545	,207	,838	-,421	,679	-,776	,449
	Basquetebol	vs. Voleibol	,648	,526	-1,008	,327	-,198	,846	-,360	,723
	Basquetebol	vs. Natação	-,381	,708	-2,308	,034 *	-1,064	,302	-1,829	,085
	Hoquei em Patins	vs. Rugby	,749	,464	,652	,523	-,417	,682	-,981	,340
	Hoquei em Patins	vs. Voleibol	,940	,361	-,177	,862	-,315	,757	-,731	,475
	Hoquei em Patins	vs. Natação	-,081	,936	-1,017	,323	-1,072	,299	-1,974	,065
	Rugby	vs. Voleibol	,198	,845	-1,324	,203	,210	,836	,537	,598
	Rugby	vs. Natação	-1,239	,232	-1,010	,327	-,929	,366	-,952	,354
Expoente de Lyapunov (Caoticidade)	Voleibol	vs. Natação	-1,041	,313	-1,117	,284	-1,096	,288	-1,491	,154
	Basquetebol	vs. Hoquei em Patins	-1,476	,158	-,581	,569	-2,124	,049 *	,173	,865
	Basquetebol	vs. Rugby	-,325	,749	,372	,714	-1,774	,094	-,972	,344
	Basquetebol	vs. Voleibol	-,828	,419	-1,073	,298	-1,833	,084	-,999	,332
	Basquetebol	vs. Natação	-2,204	,042 *	-2,161	,045 *	-,290	,775	-2,563	,020 *
	Hoquei em Patins	vs. Rugby	,644	,528	,689	,500	-,214	,833	-,871	,396
	Hoquei em Patins	vs. Voleibol	-,207	,838	-,510	,617	-,554	,587	-1,032	,316
	Hoquei em Patins	vs. Natação	-,562	,582	-1,359	,192	,176	,862	-2,272	,036 *
	Rugby	vs. Voleibol	-,798	,436	-1,513	,149	-,364	,720	,161	,874
Auto Correlação (Memória do Sistema)	Rugby	vs. Natação	-1,969	,065	-2,562	,020 *	-,463	,649	-1,007	,328
	Voleibol	vs. Natação	-,139	,891	-,412	,685	-,672	,510	-1,405	,178
	Basquetebol	vs. Hoquei em Patins	-2,641	,017 *	-,324	,750	-1,281	,217	-,324	,750
	Basquetebol	vs. Rugby	-2,789	,013 *	,100	,922	-,937	,362	,100	,922
	Basquetebol	vs. Voleibol	-,780	,446	1,740	,100	-,620	,543	1,740	,100
	Basquetebol	vs. Natação	-3,840	,001 *	-1,790	,091	-,562	,581	-1,790	,091
	Hoquei em Patins	vs. Rugby	-,859	,402	,286	,779	-,254	,803	,286	,779
	Hoquei em Patins	vs. Voleibol	1,327	,202	1,782	,093	-,103	,919	1,782	,093
	Hoquei em Patins	vs. Natação	-2,117	,049 *	-1,035	,315	,358	,724	-1,035	,315
	Rugby	vs. Voleibol	1,751	,098	,912	,375	,333	,743	,912	,375
	Rugby	vs. Natação	-1,439	,168	-1,200	,247	,048	,963	-1,200	,247
	Voleibol	vs. Natação	-2,474	,024	-3,497	,003 *	-,779	,447	-3,497	,003 *

\* -  $p < 0,05$

## **5 Discussão de Resultados**

---

O estudo realizado permitiu caracterizar o comportamento de um grupo de jovens atletas entre os 10 e 15 anos em cinco diferentes modalidades. O objectivo geral foi o de comparar os valores obtidos pelos parâmetros não lineares sobre as oscilações na componente antero-posterior e médio-lateral do centro de pressão. De uma forma geral o comportamento assumido pelos participantes é caracterizado por um perfil de controlo postural mais complexo, menos aleatório e menos determinista de acordo com os valores apresentados por Stergiou (2004). No entanto é necessário realizar uma detalhada em cada uma das variáveis de estudo.

### 5.1 Entropia Aproximada

Analisando os dados obtidos a variável EnAp apresenta valores mais elevados nas oscilações realizadas do eixo ML, comparativamente ao eixo AP, e como o aumento da entropia está positivamente relacionado com um aumento da irregularidade ou complexidade das oscilações do CoP (Harbourne and Stergiou 2009), poderemos especular que o controlo postural na componente médio-lateral, no geral para os participantes neste estudo requer menor atenção funcionando assim de forma mais automática.

Quando é retirada a informação visual, verificou-se no geral um ligeiro aumento dos valores desta variável relativamente à mesma condição mas de olhos abertos. Este aumento está de acordo com resultados do estudo de Borg et al. (Borg, Finell et al. 2007). Se assumirmos que o aumento da entropia está relacionada com a diminuição da atenção (Donker, Roerdink et al. 2007), podemos então deduzir que o aumento da entropia poderá estar relacionado com a incapacidade dos jovens avaliados neste estudo, em manter a atenção de forma adequada no controlo postural na ausência de informação visual.

De uma forma global nos testes da posição unipodal quer com o apoio direito ou com o apoio esquerdo os valores obtidos apresentam uma diminuição na componente antero-posterior e médio-lateral demonstrando neste caso um aumento de regularidade, ou seja, de menos complexidade

estando de acordo com um estudo com criança normais e crianças com paralisia cerebral os autores associaram um aumento de regularidade do CoP a condições patológicas (Donker, Roerdink et al. 2007).

Estatisticamente foram encontradas somente diferenças significativas em 4 pares de modalidades das relações possíveis entre diferentes modalidades. Na componente antero-posterior entre as modalidades de Basquetebol com o Rugby, com o Voleibol e com a Natação, na componente médio-lateral entre o Basquetebol e a Natação. Estes resultados permitem afirmar que o comportamento dos participantes neste estudo embora pertencentes a modalidades diferentes são muito semelhantes no controlo das diferentes componentes, se bem que poderemos destacar o basquetebol nas duas componentes.

Poderemos destacar o referido por Hahnt (Hahn, Foldspang et al. 1999), que num estudo sobre equilíbrio e actividade desportiva, considera que a prática do basquetebol poderá induzir efeitos adaptativos no equilíbrio na posição estática unipodal. Por outro lado Hrysmalli (Hrysomallis 2011) baseado em dados obtidos num estudo sobre equilíbrio e performance desportiva refere os ginastas tendem a ter melhor capacidade de equilíbrio, seguido de futebolistas e finalmente os basquetebolistas.

Bressel (Bressel, Yonker et al. 2007) num estudo comparativo entre o entre atletas de várias modalidades, refere que os ginastas e os futebolistas não diferem entre si nos valores obtidos em termos de equilíbrio estático e dinâmico. Em contraste os basquetebolistas apresentam valores mais baixos no equilíbrio estático quando comparados com os ginastas e valores inferiores de equilíbrio dinâmico quando comparados com os futebolistas.

Como se sabe o factor altura é de muito valorizado quando da selecção dos atletas para esta modalidade.

Nas idades estudadas dá-se um incremento grande do crescimento o que não é acompanhado pela maturação do sistema nervoso, o que poderá levar a alterações significativas da coordenação e do equilíbrio.



### 5.2 Expoente Lyapunov (eLy)

Para os valores do eLy verificaram-se valores ligeiramente mais baixos na componente médio-lateral, comparativamente à componente antero-posterior. Este dado pode indicar uma maior divergência nas trajectórias do CoP, no eixo antero-posterior, o que permite afirmar, que nesta componente existe uma maior diversidade de estratégias de controlo postural (Deffeyes, Harbourne et al. 2009).

Relativamente à posição erecta de olhos fechados, verificou-se um pequeno aumento na componente antero-posterior, uma vez mais, traduzindo um aumento de diversidade de estratégias de controlo.

A diversidade de estratégias encontradas pelos diferentes participantes, permitiu também encontrar maior número de diferenças entre grupos estando mais um vez de acordo com Stergiou e Deffeyes e Newell onde esta diversidade é tradutora de um comportamento do tipo caótico, muito característico nos seres biológicos (Newell and Corcos 1993; Stergiou 2004; Deffeyes, Harbourne et al. 2009).

McCurdy (McCurdy and Lanford 2006), num estudo para determinar a relação entre a força unilateral num squat e as medidas de balanço estático, refere que os dados indicam que o balanço estático e a força não estão relacionados, e os ganhos verificados numa variável após treino, poderão não estar associados com mudanças de resultado verificadas noutra variável.

### 5.3 Auto-Correlação (AuCor)

Para Diggle (Diggle 1990) a leitura do comportamento da auto-correlação na série temporal permite inferir sobre a maior ou menor dependência entre valores da série. Como se pretende obter informação sobre a velocidade do decréscimo dos valores de correlação obtidos por cada desfasamento calculou-se neste trabalho a diferença entre o primeiro valor de

correlação entre séries e o valor de correlação no desfasamento máximo (lag=30). Valores elevados entre correlações extremas significam um grande decréscimo dos valores de correlação e necessariamente pouca dependência entre as posições actuais e posições seguintes, i.e., grande irregularidade na série temporal e consequentemente maior complexidade, comportamentos de controlo mais saudáveis. Ao contrário valores pequenos revelam maior regularidade e maior dependência entre posição actual e posição seguintes, (memória de curta duração), ou seja, comportamentos de controlo postural menos saudáveis, traduzindo menor complexidade (Goldie, Evans et al. 1992; Davids, Bennett et al. 2006; Duarte 2006; Deffeyes, Harbourne et al. 2009).

O comportamento dos valores calculados de AuCo na componente antero-posterior foram em média menores que os valores obtido na componente médio-lateral, indicando assim maior regularidade nas séries temporais, demonstrando um comportamento diferente no controlo da postura nas diferentes componentes (Morettin and Tolo 1987; Diggle 1990). O que seria de esperar para a componente antero posterior eram valores de diferença de correlações maiores do que na componente médio lateral, uma vez que parece haver maior variabilidade e pouco controlo nas oscilações médio laterais.

Se observarmos com atenção o comportamento dos valores obtidos em cada teste nas diferentes componentes, pode-se verificar que na componente antero- posterior, é no teste de olhos fechados que os valores da Autocorrelação (AuCor) são muito menores, embora essa tendência não se verifica na componente médio-lateral( ML).

Nos testes Uni-podal realizados os valores obtidos nas componentes são muito semelhantes, mas em média mais elevados que os valores obtidos nos diferentes testes na posição bípede.

Numa leitura do comportamento nas diferentes modalidades não parece existir uma tendência bem definida quer na componente Antero posterior quer na componente médio – lateral.

As comparações realizadas entre modalidades, neste parâmetro apresenta somente duas diferenças estatisticamente significativas na

componente antero-posterior, entre o Basquetebol e o Rugby e entre o Basquetebol e Voleibol.

Na componente médio-lateral, é possível identificar mais diferenças significativas entre pares de modalidades, no Basquetebol e no Hóquei em Patins, no Basquetebol e Natação, no Hóquei em Patins e Natação e no Voleibol e na Natação.

Se bem que o Hoquei em Patins pelas suas características crie maiores desafios em termos de equilíbrio, esse aspecto não foi relevante, nem se reflectiu significativamente nos valores obtidos neste estudo.

O facto de estarmos perante grupos de praticantes nalguns casos com reduzido tempo de iniciação e tempo reduzido de treino semanal, poderemos pensar na possibilidade de não termos suficientes efeitos provocados pela prática da modalidade no sistema de controlo postural.

Sabemos que o tempo semanal de treino nas diferentes modalidades oscilou entre as quatro e as seis horas de treino o que poderá não deixar muito tempo disponível para trabalhar aspectos relacionados com capacidades coordenativas onde serão contemplados exercícios relacionados com o treino do equilíbrio

Witkowski (Witkuwski, Lyakh et al. 2011) num estudo sobre os efeitos correctivos de diferentes opções de treino no desenvolvimento e maturação dos skills motores profissionais na perna dominante e não dominante em futebolistas jovens, refere que num período relativamente longo de treino no futebol, faz decrescer os níveis de assimetria, e assim os jovens atletas melhoram os seu equilíbrio.

Depois dum longo período de treino não foram encontradas diferenças nos valores do torque , tanto na perna dominante como não dominante.

## Conclusão

---

### Limitações

A grande limitação tem a ver com a escolha da amostra para o estudo, sendo jovens de diferentes modalidades e de diferentes regiões do país foi difícil quantificar e especificar o tipo de trabalho realizado comprometendo assim uma caracterização mais detalhada do seu passado desportivo e as implicações que isso teve no comportamento do controlo da postura.

A outra grande limitação tem a ver com as interpretações realizadas durante a discussão dos dados, como esta temática é emergente e é difícil encontrar artigos específicos que refiram com detalhe as implicações dos valores encontrados pelos parâmetros utilizados.

### Conclusão

A conclusão final deste estudo poderemos referir que

1º- É possível caracterizar os comportamentos assumidos durante o controlo postural com os parâmetros de análise não linear que foram escolhidos.

2º- Apesar de algumas diferenças encontradas nas comparações realizadas sobre as séries temporais obtidas a partir das oscilações na componente antero-posterior e médio lateral não há diferenças no comportamento assumido pelos participantes neste estudo relativamente à forma como processam o controlo postural.

3º- Poderemos destacar entre as modalidades estudadas o basquetebol, que nos aparece maior número de vezes com diferenças significativas relativamente às outras modalidades.

## **Referências Bibliográficas**

---

## Referências Bibliográficas

---

- Agid, Y. (1990). "From posture to initiation of movement." *Revue Neurologique* 146(10): 536-542.
- Amato, I. (1992). "Chaos breaks out at NIH, but order may come of it." *Science*: 257:747.
- Asher, C. (1976). *Variações da Postura na Criança*. São Paulo, Manole.
- Avanzi, O. and F. Pinto (1983). "Deformidades vertebrais." *Rev. Paulista Médica* 101(6): 231-236
- Bankoff, A. (1992). "Análisis podométrico de los atletas de levantamiento de peso mediante la técnica video-pedométrica." In: *Congreso Científico Olímpico*, Málaga; 1992.
- Bankoff, A. D. P., T. S. Campelo, et al. (2006). "Postura e equilíbrio postural: um estudo das relações existentes." *Movimento & Percepção*, Espírito Santo do Pinhal, SP 6(9).
- Bankoff, M. S., N. J. McEniff, et al. (1996). "Prevalence of pathologically proven intrapulmonary lymph nodes and their appearance on CT." *AJR Am J Roentgenol* 167(3): 629-30.
- Baratto, L., P. G. Morasso, et al. (2002). "A new look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density versus other parameterization techniques." *Motor Control* 6(3): 246-70.
- Barela ( 2000). *Estratégias de controle em movimentos complexos: ciclo percepção- ação no controle postural*. Paulista de Educação Física. supl.3: 79-88.
- Barreira, T. H. C. (1994). " Abordagem ergonômica na prevenção da LER." *Rev. Bras. Saúde Ocupacional* 22(84): 51-60 *Rev. Bras. Saúde Ocupacional*.
- Basmajian, J. V. (1965). *Electrofisiologia de la acción muscular*. Buenos Aires, Panamericana.

## Referências Bibliográficas

---

- Bernstein, N. (1967). The co-ordination and regulation of movement. New York, Copernicus.
- Bingham, G. P., R. C. Schmidt, et al. (1991). "Task dynamics and resource dynamics in the assembly of a coordination rhythmic activity." Journal of Experimental Psychology 17: 359-381.
- Black, A. (1993). Escola Postural- uma Alternativa para a Saúde das Coluna Vertebral. Porto Alegre, Rígel.
- Bompa, T. (1983). Theory and methodology of training.
- Bouisset, S. and B. Maton (1995). Muscle, Posture et Mouvement. Paris, Hermann&É.
- Borg, F., M. Finell, et al. (2007). "Analyzing gastrocnemius EMG-activity and sway data from quiet and perturbed standing." J Electromyogr Kinesiol 17(5): 622-34
- Braccialli, L. M. P. and R. Vilarta (2000). "Aspectos a serem considerados na elaboração de programas de prevenção e orientação de problemas posturais." Revista Paulista de Educação Física 14(2): 159-171.
- Bressel , E., J. Yonker, et al. (2007). "Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athlete." Journal of Athletic Training 42(1).
- Calvete, S. A. (2004). "A relação entre alteração postural e lesões esportivas em crianças e adolescentes obesos." Motriz 10.
- Canga, M. P. (2010). Pilates y Golf ,movimento essencial para la columna vertebral. Badalona, Paidotribo.
- Cappello, A., D. Lenzi, et al. (2004). "Periodical insitu recalibration of force platforms;a new method for robust estimation of calibration matrix." Med Biol Eng Comput 42(3): 350-355.



## Referências Bibliográficas

---

- Carpenter, M. G., J. S. Frank, et al. (2001). "Sampling duration effects on centre of pressure summary measures." *Gait Posture* 13(1): 35-40.
- Carter, C. (2001). Incorporating Sport-Specific Skills into Conditioning. High-Performance Sports Conditioning. B. Foran. Champaign-IL., Human Kinetics: 262-266.
- Casadio, M., P. G. Morasso, et al. (2005). "Direct measurement of ankle stiffness during quiet standing: implications for control modelling and clinical application." *Gait Posture* 21(4): 410-24.
- Chiari, L., A. Cappello, et al. (2000). "An improved technique for the extraction of stochastic parameters from stabilograms." *Gait Posture* 12(3): 225-34.
- Clayman.C.B (1989). The American Association Encyclopedia of Medicine. N. R. House. New York
- Collins, J. J. and C. J. De Luca (1993). "Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories." *Exp Brain Res* 95(2): 308-18.
- Corriveau, H., R. Hébert, et al. (2001). "Postural control in the elderly: An analysis of test-retest and interrater reliability of the COP-COM variable\* 1." *Archives of physical medicine and rehabilitation* 82(1): 80-85.
- Cunha, S. (2010). Avaliação do Controlo Postural em Jovens Praticantes de Equitação-Estudo Piloto com Atletas de Outras Modalidades. Facultad Ciencias del Deporte. Cáceres, Universidade de Évora /Universidad Extremadura. Mestrado em Exercício e Saúde: 90.
- David, K., S. Bennett, et al. (2006). Movement system variability, Human Kinetics.
- Deffeyes, J. E., R. T. Harbourne, et al. (2009). "Nonlinear analysis of sitting postural sway indicates developmental delay in infants." *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 24(7): 564-70.

## Referências Bibliográficas

---

- Dingwell, J. B. and J. P. Cusumano (2000). "Nonlinear time series analysis of normal and pathological human walking." *Chaos* 10(4): 848-863.
- Donker, S. F., M. Roerdink, et al. (2007). "Regularity of center-of-pressure trajectories depends on the amount of attention invested in postural control." *Exp Brain Res* 181(1): 1-11.
- Duarte, M. (2000). Análise estabilográfica da postura erecta humana quasi-estática. Escola de Educação Física e Esporte. São Paulo, Univ.São Paulo: 81.
- Duarte, M., W. Harvey, et al. (2000). "Stabilographic analysis of unconstrained standing." *Ergonomics* 43(11): 1824-39.
- Duarte, M. and S. de Freitas (2010). "Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio (sci 547-m. 047/2010)." *Revista Brasileira de Fisioterapia/Brazilian Journal of Physical Therapy* 14(3).
- Duarte, M., Harvey, W. & Zatsiorsky, V. (2000). "Stabilographic analysis of unconstrained standing. *Ergonomics*." 43: 1824-1839.
- Duarte, M. e. a. (2006). "Variability of reciprocal aiming movements during standing: The effect of amplitude and frequency." *Gait & Posture* 23: 173–179.
- Fernandes, O. (2001) "Estabilidade articular-Efeito da rigidez articular na estabilidade e na postura erecta". Dissertação de doutoramento não publicada na Universidade de Trás os Montes e Alto Douro.
- Ferrão, N. M. C. (2003). Modelo de Periodização no Hoquéi em Patins. IV Mestrado em Treino de Alto Rendimento. Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana: 25-27.
- Freitas, S. and D. Marcos (2006). Métodos de análise do controle postural. São Paulo, Universidade de São Paulo, Escola de Educação Física e Esporte, Laboratório de Biofísica.
- Freitas, S. M., S. A. Wieczorek, et al. (2005). "Age-related changes in human postural control of prolonged standing." *Gait Posture* 22(4): 322-30

## Referências Bibliográficas

---

Gagestein, A. (2006). "Balance Training for Volleyball." Performance Conditioning Volleyball 13(4).

Glass, L. and D. C. Mackey (1988). "From Clock to Chaos." Princeton,NJ:Princeton University Press.

Godoy, M. F. (2003). Teoria do Caos Aplicada à Medicina. Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto. São José do Rio Preto. Livre Docente em Cardiologia: 172.

Goldberger, A. L. and B. J. West (1987). Applications of non linear dynamics in clinical cardiology: Annals of the New York Academy of Sciences 504:195-213.

Goldie, P. A., O. M. Evans, et al. (1992). "Steadiness in one-legged stance: development of a reliable force-platform testing procedure." Arch Phys Med Rehabil 73(4): 348-54

Gurfinkel, E. V. (1973). "Physical foundation of stabilography." Agressologie 14: 9-14.

Guyton , A. C. and J. E. Hall (2006). Text medical physiology. China, Elsevier Saunders.

Haas, B. and T. Whitmarsh (1998). "Inter and intra tester reliability of the balance performance monitor in a non patient population." Physiotherapy Research International 3(2): 135-147.

Habib, M. (2000). Bases Neurológicas dos Comportamentos. Lisboa, Climepsi Editores.

Hahn, T., A. Foldspang, et al. (1999). "One-leg standing balance and sports activity." Scand J Med Sci Sports 9(1): 15-8.

Harbourne, R. T. and N. Stergiou (2009). "Movement variability and the use of nonlinear tools: principles to guide physical therapist practice." Phys Ther 89(3): 267-82.

## Referências Bibliográficas

---

- Hawkins, D. and J. Metheny (2001). "Overuse injuries in youth sports. Biomechanical Considerations." *Medical Science Sports Exercise* 33(10): 1701-1707.
- Hirtz, P. (1986). "Rendimento Desportivo e Capacidades Coordenativas." *Horizonte*.
- Horak, F. B. and J. M. MacPherson (1996). Postural orientation and equilibrium. *Handbook of physiology*. O. U. Press. New York.
- Hrysomallis, C. (2011). "Balance ability and athletic performance.." *Sports Medicine(Auckland.N.Z)* 1'(1;41(3))
- Kelso, J. A. S., D. L. Shouhard, et al. (1979). "On the coordination of two - handed movements." *Journal of Experimental Psychology:Human Perception and Performance*(5): 229-238.
- Kendall, F. P., P. G. Provance, et al. (1995). *Músculos, Provas e Funções*. São Paulo, Manole.
- Kendall, H., O and F. P. Kendall (1968). "Developing and mantaining good posture." *Physical Therapy* 48: 319-336.
- Knoplich, J. (1985). *A Coluna Vertebral da Criança e dos Adolescentes*. São Paulo, Panamed.
- Lapierre, A. (1982). *A Reeducação Física. A Reeducação Física*. S. Paulo:Manole. São Paulo.
- Latash, M. L. (1997). *Neurophysiological basics of movement*. IL, Human Kinetics, Champaign, USA.
- Lephart, S. M. and F. H. Fu (2000). Proprioception and neuromuscular control in joint stability.
- Lephart, S. M., D. M. Pincivero, et al. (1998). "Proprioception of the ankle and knee." *Sports Med* 25(3): 149-55.

## Referências Bibliográficas

---

- Malina, R., C. Bouchard, et al. (2002). Growth, maturation and physical activity. Illinois, Champaign.
- Mano, R. (1994). Fundamentos del Entrenamiento Deportivo, Paidotribo.
- Mariana Guedes, L. and P. João Santos ( 2004). "A influência da natação sobre o equilíbrio em crianças." Fitness & Performance 3(4): 205.
- McCurdy, K. and G. Lanford (2006). "The relationship between maximum unilateral squat strength and balance in young adult man and women." Journal of Sport Science and Medicine 5: 282-288.
- Meinel, K. and G. Schnabel (1987). Teoria del Movimiento. 43
- Mir, M. (2004). Discapacidad visual. Atletismo adaptado para personas ciegas y deficientes visuales(15-27). M.C.Jordán. Barcelona, Editorial Paidotribo.
- Murahovschi, J. (1998). Pediatria:Diagnóstico+Tratamento. São Paulo, Sarvier.
- Nashner, L. M. and G. McCollum (1985). "The organization of human postural movement :a formal basics and experimental synthesis." Behavioral and Brain Sciences(8): 135-172.
- Newell, K. M. and D. M. Corcos (1993). Variability and motor control. Illinois, Human Kinetics.
- Nissinem, M. J., M. M. Heliovaara, et al. ( 2000). "Development of trunk asymmetry in a cohort of children ages 11 to 22 years." Spine 25(5): 570-574.
- Patinagem, F. P. (2011). "Regras do Jogo 2010-2011." from [www.fpp.pt](http://www.fpp.pt).
- Penha PJ, J. S., Casaroto RA, Amino CJ, Penteado DC. . . 2005;60(1):9-16. "Postural assessment of girls between 7 and 10 years of age." Clinics.
- Pezarat, P. (2003). "Anatomofisiologia. Tomo II. Função Neuromuscular."
- Pincus, S. (1995). "Approximate entropy (ApEn) as a complexity measure." Chaos 5(1): 110-117.

## Referências Bibliográficas

---

Pincus, S. and B. H. Singer (1996). "Randomness and degrees of irregularity." *Proc Natl Acad Sci U S A* 93(5): 2083-8.

Pincus, S. M. (1991). "Approximate entropy as a measure of system complexity." *Proc Natl Acad Sci U S A* 88(6): 2297-301.

Pincus, S. M. (2001). "Assessing serial irregularity and its implications for health." *Ann N Y Acad Sci* 954: 245-67.

Queiros, T. and T. Barbosa (2002). "A abordagem da habilidade motora aquática básica "equilíbrio" no processo de adaptação ao meio aquático. Comunicação oral apresentada no XXV Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação".

Riemann, B. L. and S. M. Lephart (2002). "The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability." *J Athl Train* 37(1): 80-84.

Ritcher, P. and E. Hegben (2007). *Puntos Gatillo y Cadenas Musculares Funcionales en Osteopat  a y Terapia Manual*, Editorial Paidotribo.

Rocha, E. S. T. and A. C. S. Pedreira (2001). "Problemas ortop  dicos comuns na adolescência." *Journal of Pediatrics* 77(2): 225-233.

Rodney, P. (2003). "The psychological aspect of visual impairment as central central understanding in the development of inclusion." *British Journal of Visual Impairment* 21(1): 19-24.

Rozzi, S. L., P. Yuktadanandan, et al. (2000). *Role of fatigue on proprioception and neuromuscular control*, Champaign,IL:Human Kinetics.

Sacco, I. C. N. (2003). "Biomechanical and Kinesiological study of postures trough digital photographs:cases report." *Revista Brasileira de Ciências e Movimento* 11(2): 25-33.

## Referências Bibliográficas

---

- Safran, M. R., Borsa, P. A., Lephart, S. M., Fu, F. H., & Warner, J. P. (2001). "Shoulder Proprioception in Baseball Pitchers." *Journal of Shoulder Elbow Surg* 10(5): 241-258.
- Sandra, F. and M. Duarte (s/d). "Métodos de análise do controle postural." *Laboratório de Biofísica*, Escola de Esporte, Universidade de São Paulo.
- Stergiou, N. (2004). *Innovative Analyses of Human Movement, Human Kinetics*.
- Stergiou, N. and M. M. Scott (2005). "Baseline measures are altered in biomechanical studies." *J Biomech* 38(1): 175-8.
- Tavares, P. F., M.; Santos, F. (1984). *Fisiologia Humana*. Rio de Janeiro.
- Thomas, C. L. (1993). *Taber's Cyclopedic Medical Dictionary*. Philadelphia, PA: FA Davis.
- Vaz, L. M. T. (2001). "Que formação para um novo jogador de Rugby?" from [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).
- Vikery, S. and M. Moffat (2002). *Manual de Reeducação Postural*. Porto Alegre, Artmed.
- Voigt, M. I. and G. Cook (2001). *Impaired Neuromuscular control: reactive neuromuscular training. Techniques in musculoskeletal rehabilitation* (pp. 93-124). W. E. P. M. I. Voight. New York, McGraw-Hill.
- Voleibol F.P.V. *Filosofia das regras oficiais de voleibol e arbitragem*.
- Weiss, P. L., I. W. Hunter, et al. (1988). "Human ankle joint stiffness over the full range of muscle activation levels." *J Biomech* 21(7): 539-44.
- Whiting, H. T. A. (1884). *Human Motor Actions: Bernstein Reassessed*.
- Winter, D. A. (1995). "Human balance and posture control during standing and walking." *Gait & Posture* 3: 193-214.
- Winter, D. A., A. E. Patla, et al. (1990). "Assessment of balance control in humans." *Med Prog Technol* 16(1-2): 31-51.

## **Referências Bibliográficas**

---

Witkuwski, Z., V. Lyakh, et al. (2011). "Corrective effects of different training options on developement and maturation of professional motor skills from dominant and non-dominant legs of young soccer players." *Journal of Physical Education and Sport* 11(3): 291-299

Zatsiorsky, V. (1998). *Kinematics of Human Motion*.





# **Apêndice 1**

Termo de Consentimento Livre e Informado



## **Estudo sobre o controlo postural em Jovens praticantes**

---

### **CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO**

---

**Caro Treinador,**

Este documento descreve o estudo em que o/a convidamos a participar. Gostaríamos que o lê-se atentamente e, se concordar em participar neste estudo, pediríamos para rubricar o documento no final. Se não se sentir totalmente esclarecido, sinta-se à vontade para colocar todas as questões que tenha ao investigador responsável, Jorge Rafael.

---

#### **Qual o Objectivo do Estudo?**

Carcterizar o comportamento do controlo postural em jovens praticantes de Basquetebol

---

#### **Para que serve este estudo?**

Os dados obtidos serão tratados, apresentados e discutidos no âmbito da Tese de Mestrado em Treino Desportivo de Jorge Rafael (Mestrado ministrado pelas Universidade de Évora).

A informação recolhida será utilizada para avaliar, através do Centro de Pressão(CoP), as alterações provocadas pela aplicação do TF.

Os resultados desta investigação não são sobre pessoas individuais, mas sobre grupos de pessoas. Assim, não será possível identificar quem decidiu participar, ou não participar, pelos resultados obtidos.

Todos dados serão tratados de forma confidencial e usados para fins académicos/científicos.

Este estudo não tem objectivos comerciais nem lucrativos.

O Treinador terá acesso aos resultados e conclusões do trabalho.

#### **O que tem o jogador de fazer para participar?**

---

---

Os testes a utilizar para este estudo sobre postura e controlo postural são de dois tipos:

- i) Teste para avaliar desvios posturais (assimetrias-curvaturas fisiológicas da coluna vertebral)
- ii) Testes de controlo da postura realizados numa plataforma de forças. O adolescente coloca-se sobre a plataforma de forças, permanecendo imóvel durante 30 segundos.
  - a. Teste 1 – na posição bípede estática de olhos abertos
  - b. Teste 2 – na posição bípede estática de olhos fechados
  - c. Teste 3 – na posição unipedal (direito e depois esquerdo) de olhos abertos
  - d. Todos os testes serão realizados em três repetições.

---

### **O que eu ganho em participar?**

Mais conhecimentos e melhores orientações sobre as adaptações induzidas por diferentes tipos de actividade, na postura e no controlo postural em crianças/adolescentes, permitindo compreender melhor as hipóteses de acompanhamento de jovens.

---

### **O que acontece se eu decidir não participar?**

Caso decida não participar, não será prejudicado/a em nenhum aspecto. Nenhuma pessoa será informada da sua decisão de não participar. Em qualquer altura, agora ou no futuro, pode decidir não participar neste estudo, pelo que bastará comunicar-nos a sua decisão.

---

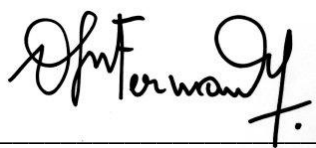
Declaro que li, e sinto esclarecido/a com a informação que me foi prestada, tendo tido a oportunidade de esclarecer todas as dúvidas existentes. Declaro com a minha assinatura, que consinto a participação do meu filho/a neste estudo.

Data: \_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
O Treinador

O Investigador

(Jorge Rafael)



\_\_\_\_\_  
Mestre Orlando Fernandes

(Universidade de Évora)

# **Apêndice 2**

## Rotinas em MatLab

```

% *****
% *      Projecto Jorge Rafael      *
% *****
% *      Started: 05/04/2006, Orlando Fernandes *
% *      Last Revised: 06/06/2011, Orlando Fernandes *
% *****
%*****

clear all;
close all;clc;
ext='.dat';
%*****
%*      GRUPO A      *
%*****
%mod=input('Indroduza a modalidade : ','s');
%suj=input('Indroduza o numero do Sujeito (S#) : ','s');
mod='BQ'
suj='S9'
cod=[mod suj];
sujeitosNLRafael
clc;
comp=length(nomeNL);
for j=1:comp
    file=char(nomeNL(j));
    data=load(file);
    %-----
    % Cálculo da entropia aproximada
    EnAp(j)=apentropy(data);
    %-----
    % cálculo do expoente de lyapunov
    [LLE lambda]=lyaprosen(data,1,2);
    eLy(j)=LLE;
    %-----
    % Cálculo da auto-correlação
    [ACF, Lags, Bounds] = autocorr(data, 30, 2);
    x=[0:1:29];
    p2=polyfit(x',ACF(2:31),1);
    mms(j)=p2(1);
    aCorr(:,j)=ACF;
    daCorr(j)=ACF(2)-ACF(30);
end
dados=[EnAp' eLy' daCorr' mms'];
%*****
xlswrite('CoP_Rafael.xls',dados,cod,'E2:H17');
nomeNL={
%***** sujeitos *****
[mod ' ' suj ' ' 'A01AP' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'A02AP' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'F01AP' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'F02AP' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'UD01AP' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'UD02AP' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'UE01AP' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'UE02AP' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'A01ML' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'A02ML' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'F01ML' ext]

```

```

[mod ' ' suj ' ' 'F02ML' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'UD01ML' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'UD02ML' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'UE01ML' ext]
[mod ' ' suj ' ' 'UE02ML' ext]
% *****
%*****
%*                FIM DA ROTINA                *
%*****

function output = apentropy(data)

% if you need to change any parameters that needs to happen in here
% these parameters are below. You can see r, m, and lag
% last modified by Max Kurz 11/20/02

edim = 2;
lag = 1;
edata = lagembed(data,edim,lag);
[pre,post] = getimage(edata,lag);
r = .2*std(data);
output = apen(pre,post,r);

function [LLE lambda]=lyaprosen(y,tau,m)

%
% _____
% Usage: Calculates largest Lyapunov exponent
% Copyright(c) Shapour Mohammadi, University of Tehran, 2009
% shmohammadi@gmail.com
%
% _____
% Ref:
% -Rosenstein,M. T., J. J. Collins and C. J. De Luca,(1993). A
practical method for calculating largest Lyapunov exponents from small
data sets.Physica D.
% -Hai-Feng Liu, Zheng-Hua Dai, Wei-Feng Li, Xin Gong, Zun-Hong
Yu(2005)
% Noise robust estimates of the largest Lyapunov exponent,Physics
Letters A 341, 119-127
% -Sprott,J. C. (2003). Chaos and Time Series Analysis. Oxford
University..Press.
% -Lei, M., Wang Z., Feng Z.A method of embedding dimension
estimation
% based on symplectic geometry, Physics Letters A 303 (2002) 179-189.
% -Zeng,X., R. Eykholt, and R. A. Pielke (1991)Estimating the
Lyapunov-Exponent Spectrum from Short Time Series of Low Precision,
% Physical Review Letters, Vol. 66, Number 25.
% Keywords: Lyapunov Exponents, Chaos, Time Series, Taylor Expansion,
% Direct Method, Full Automatic selection code. Minimum mutual
Information,
% Autocorrelation, False nearest neighbors, Symplectic Geometry.
%
% _____

```